



**Universidad Autónoma de Querétaro**

Facultad de Ciencias Naturales

Adaptación de la función de áreas verdes urbanas para mitigar inundaciones en la periferia de la ciudad de Querétaro, México

*Tesis*

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de  
Licenciado en Geografía Ambiental

*Presenta*

Ana Karen Plaza García

Valentina Aranda Legorreta

*Director de tesis*

Juan Alfredo Hernández Guerrero

*Santiago de Querétaro, Qro., a enero 2020*



## Universidad Autónoma de Querétaro

### Facultad de Ciencias Naturales

Adaptación de la función de áreas verdes urbanas para mitigar inundaciones en la periferia de la ciudad de Querétaro, México

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de  
Licenciado en Geografía Ambiental

Presenta

Ana Karen Plaza García  
Valentina Aranda Legorreta

Dirigido por

Juan Alfredo Hernández Guerrero

Sinodales

Dr. Juan Alfredo Hernández Guerrero  
Presidente

\_\_\_\_\_  
Firma

Mtro. Hugo Luna Soria  
Secretario

\_\_\_\_\_  
Firma

Mtra. Alma Angélica Navarrete Carrillo  
Vocal

\_\_\_\_\_  
Firma

Dr. Oscar Ricardo García Rubio  
Suplente

\_\_\_\_\_  
Firma

Dra. Tamara Guadalupe Osorno Sánchez  
Suplente

\_\_\_\_\_  
Firma

\_\_\_\_\_  
*Centro Universitario  
Querétaro, Qro.  
Enero de 2020  
México*

## RESUMEN

En las periferias urbanas la compraventa del suelo en sitios inundables suele ser constante, en ocasiones de forma clandestina, o bien de manera legal, pero con poca planeación en el tema de riesgos socio-naturales. La ciudad de Querétaro desde hace 30 años ha experimentado un acelerado crecimiento demográfico y físico, donde las inundaciones son cada vez más peligrosas y recurrentes, al tiempo que se incrementan los daños materiales y afectaciones económicas y humanas. En ese sentido destaca la zona norte de la periferia de la ciudad de Querétaro, especialmente El Salitre y Jurica. No obstante, la presencia de espacios abiertos en esas colonias fue un área de oportunidad para este proyecto, ya que comúnmente son subutilizados, sobre todo las áreas verdes que suelen ser multi-funciones, entre ellas, controlar avenidas y/o mitigar inundaciones. El objetivo del presente es una propuesta para el proyecto de la adaptación de la función de áreas verdes urbanas para mitigar inundaciones. Se identificaron zonas inundables, áreas verdes contiguas a esos sitios, se determinó la condición socio-residencial y se propone la adaptación de dos áreas verdes para mitigar inundaciones. Entre los resultados, el 33.6 % de la superficie de El Salitre y el 12% de Jurica son inundables. Asimismo, en Jurica presentó una condición socio-residencial media a alta, mientras que en El Salitre fue de nivel bajo. Las dos colonias presentaron áreas verdes contiguas a las zonas inundables, pero debido a la reconfiguración acelerada que presenta el Salitre debido a cambios de uso de suelo, se decidió adaptar únicamente dos áreas verdes en la colonia Jurica, mismas que podrán mitigar inundaciones para un estimado del 30% de la población de la colonia. Finalmente, el trabajo concluye que la modificación del área verde puede ser extrapolada a otras zonas con similares condiciones y funcionalidades en los programas de mitigación y prevención del riesgo en la ciudad de Querétaro.

**Palabras clave:** Inundaciones, áreas verdes urbanas, adaptación, riesgo.

## ABSTRACT

In the urban peripheries, the purchase of land is acquired at low cost and the clandestine form, favors disorderly occupation, causing the reconfiguration of the territory and the formation of floodplains. For the last 30 years, the city of Queretaro, has experienced an accelerated demographic and physical growth, where floods are increasingly dangerous and recurrent, especially in the northern sector. The case study is in El Salitre and Jurica, it is also located in one of the sectors of the city with the greatest urban dynamics. The presence of urban voids was an area of opportunity for this project, since these spaces are usually underutilized. They can be used in this way as it has been shown in this case and recreate a green multipurpose area. It is intended to determine priority sites and reduce the risk associated with floods. Among the tools and methods, flood zones were drawn through official sources, the priority sites were formed by the union between the objects that are threatened, plus an index of socio-residential vulnerability. It was obtained that 33.57% of Jurica's territory presents flood problems. On the other hand, in El Salitre it is estimated that 12% is floodplain. In the above, two priority sites for each holding were determined. The relationship between the variables of the results of the method of measurement of the Kaiser-Meyer-Olkin sample equation is 0.861, which indicates that the variables have a relationship that includes the particularities, both physical and social. This also serves to identify priority areas and susceptible areas to flooding that are intended to show green urban areas that are closer to vulnerable sites and that can be modified for adaptation. The information of the flood prone areas is about obtaining and constructing accessible information, to update and respond to new strategies in the face of floods.

**Keywords:** Floods, urban green areas, adaptation, risk.

## DEDICATORIAS

“All creative effort -including the making of an omelet- is preceded by destruction”.

Yi-Fu Tuan

A mi familia, mi corazón entero.

“Lo que no somos capaces de cambiar debemos por lo menos escribirlo”.

Rainer Werner Fassbinder

A Eva, mi Madre.

Dirección General de Bibliotecas UAQ

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) de la UNAM por el apoyo brindado a través del proyecto denominado “Nuevas geografías de la urbanización en México: Transformaciones territoriales y medios de vida de sectores sociales vulnerables en las periferias de ciudades medias”.

De la misma forma agradecemos el apoyo al Fondo para el Fortalecimiento de la Investigación de la Universidad Autónoma de Querétaro (FOFI-UAQ) para la culminación de la tesis, misma que se enmarca en el proyecto “Adaptación de áreas verdes urbanas para mitigar el riesgo de inundaciones en la periferia urbana de las ciudades de Querétaro y Morelia.

De Ana

En cada página, unas más que otras necesiten inspiración, conocimiento y saberes, los cuales se los debo a mis padres, especialmente a mi madre gracias a ella soy todo lo que soy, es quien ha aguantado todos mis altibajos gracias, mamá, a mi familia especialmente a los que creyeron en mí y por distraídos me decían "geóloga".

A mis profesores y maestros gracias por enseñarme lo que sé, por su dedicación y tiempo y más aquellos que se acercaron porque vieron algo en mí y me enseñaron más, juntándose a sus proyectos y prácticas, especialmente gracias, profesor Juan por ofrecerse a ser director y dejarme aprender de usted. A mis amigos los que tengo y los que perdí en el trascurso, los que me animaron cuando lo necesité o cuando quería dejarlo. A mis compañeros de carrera, de cada uno aprendí algo y me divertí en la formación, a Valentina por decidirse a realizar este proyecto juntas a pesar de las opciones adicionales que teníamos, a mis compañeros de otras generaciones las cuales accedí a su información que contribuyó a nuestro proyecto; a personitas especiales, en particular a una que conocí gracias mi amiga de clase; me hicieron ver todo lo que yo no veía en mí y que quiero conservar por qué me motivan e impulsan a cosas nuevas. No hay nombres específicos, sé que de alguna manera lo sabrán por qué cada uno fue parte de esto.  
GRACIAS

De Valentina

“Cuando creíamos que teníamos todas las respuestas, de pronto, cambiaron todas las preguntas.” Mario Benedetti.

Esta frase resume nuestro camino a la tesis, fue preciso, corto y con cambios repentinos. Sin duda alguna no pude haber elegido mejor compañera que Ana, me impulsaba cuando tenía ganas de tomar otras alternativas; el Dr. Juan que nos mantenía con reloj militar todas las entregas y que también nos dio todo el apoyo que un director de tesis puede dar.

Quiero agradecer a mis pilares de vida, Mi papá el mejor ejemplo a seguir, él me enseña cada día a seguir mis sueños y a luchar por lo que quiero; mi mamá, la mujer que me enseña a ser magia, a ser mi mejor versión; mi hermano, el mejor hombre del mundo, él me enseña a tener un corazón grande y a creer en la humanidad cada vez más; a mi hermanita, mi mejor amiga, ella es felicidad andante, me enseña día con día que la vida es lo que tú quieres que sea. Mi Eduardo, él ha sido mi ancla por todo este tiempo, mi más grande fan, él cree en todo lo que hago y me ayuda a creer en mí misma.

Mis compañeros de clases que fueron grandes personajes en nuestra decisión de seguir o no con la tesis. Mis profesores, que a lo largo de la carrera nos dieron herramientas para ser mejores ciudadanos del mundo.

Gracias a cada persona que nos ayudó en este proceso, a echarnos ganas o memes, sin duda será un gran parteaguas para mi vida y un ejemplo de que todo trabajo pesado tiene una recompensa muy buena al final.

# ÍNDICE

## Contenido

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>2. ÁREA DE ESTUDIO</b>	6
<b>3. MÉTODOS Y HERRAMIENTAS</b>	8
<b>3.1. Identificación de zonas de inundación</b>	8
<b>3.2. Base climática de precipitación y parámetros hidrográficos</b>	9
<b>3.3. Identificación de áreas verdes urbanas</b>	14
<b>3.4. Índice socio-residencial</b>	15
<b>3.5. Identificación de elementos peligrosos y amenazados.</b>	16
<b>3.6. Adaptación de áreas verdes urbanas para mitigar inundaciones.</b>	18
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	20
<b>4.1. Zonas de inundación en las colonias Jurica y El Salitre</b>	20
<b>4.2. Precipitación y parámetros hídricos</b>	22
<b>4.3. Identificación de áreas verdes urbanas en Jurica y El Salitre.</b>	26
<b>4.4. Condición socio-residencial en las colonias urbanas Jurica y El Salitre</b>	28
<b>4.5. Evaluación de elementos peligrosos y amenazados</b>	31
<b>4.5.1 Daños posibles generados por las inundaciones</b>	37
<b>4.5.2. Condiciones cercanas al Dren</b>	39
<b>4.7. Propuesta para la adaptación de áreas verdes urbanas para mitigar el impacto de inundaciones.</b>	40
<b>4.7.1. Propuesta para la adaptación de las AVU en la colonia Jurica</b>	42
<b>CONCLUSIONES</b>	47
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	49
<b>ANEXOS</b>	54

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>2. ÁREA DE ESTUDIO</b>	6
<b>3. MÉTODOS Y HERRAMIENTAS</b>	8
<b>3.1. Identificación de zonas de inundación</b>	8
<b>3.2. Base climática de precipitación y parámetros hidrográficos</b>	9
<b>3.3. Identificación de áreas verdes urbanas</b>	14
<b>3.4. Índice socio-residencial</b>	15
<b>3.5. Identificación de elementos peligrosos y amenazados.</b>	16
<b>3.6. Adaptación de áreas verdes urbanas para mitigar inundaciones.</b>	18
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	20
<b>4.1. Zonas de inundación en las colonias Jurica y El Salitre</b>	20
<b>4.2. Precipitación y parámetros hídricos</b>	22
<b>4.3. Identificación de áreas verdes urbanas en Jurica y El Salitre.</b>	26
<b>4.4. Condición socio-residencial en las colonias urbanas Jurica y El Salitre</b>	28
<b>4.5. Evaluación de elementos peligrosos y amenazados</b>	31
<b>4.5.1 Daños posibles generados por las inundaciones</b>	37
<b>4.5.2. Condiciones cercanas al Dren</b>	39
<b>4.7. Propuesta para la adaptación de áreas verdes urbanas para mitigar el impacto de inundaciones.</b>	40
<b>4.7.1. Propuesta para la adaptación de las AVU en la colonia Jurica</b>	42
<b>CONCLUSIONES</b>	47
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	49
<b>ANEXOS</b>	54

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>2. ÁREA DE ESTUDIO</b>	6
<b>3. MÉTODOS Y HERRAMIENTAS</b>	8
<b>3.1. Identificación de zonas de inundación</b>	8
<b>3.2. Base climática de precipitación y parámetros hidrográficos</b>	9
<b>3.3. Identificación de áreas verdes urbanas</b>	14
<b>3.4. Índice socio-residencial</b>	15
<b>3.5. Identificación de elementos peligrosos y amenazados.</b>	16
<b>3.6. Adaptación de áreas verdes urbanas para mitigar inundaciones.</b>	18
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	20
<b>4.1. Zonas de inundación en las colonias Jurica y El Salitre</b>	20
<b>4.2. Precipitación y parámetros hídricos</b>	22
<b>4.3. Identificación de áreas verdes urbanas en Jurica y El Salitre.</b>	26
<b>4.4. Condición socio-residencial en las colonias urbanas Jurica y El Salitre</b>	28
<b>4.5. Evaluación de elementos peligrosos y amenazados</b>	31
<b>4.5.1 Daños posibles generados por las inundaciones</b>	37
<b>4.5.2. Condiciones cercanas al Dren</b>	39
<b>4.7. Propuesta para la adaptación de áreas verdes urbanas para mitigar el impacto de inundaciones.</b>	40
<b>4.7.1. Propuesta para la adaptación de las AVU en la colonia Jurica</b>	42
<b>CONCLUSIONES</b>	47
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	49
<b>ANEXOS</b>	54

# 1. INTRODUCCIÓN

En la construcción del riesgo, las inundaciones ocurren como respuesta al exceso de agua que supera la capacidad de recarga del lugar (Amenaza) y repercute directamente a un sistema inerme (Vulnerabilidad) causando pérdidas tanto materiales como humanas (Ríos, 2010). En periferias urbanas una de las causas que provoca la formación de inundaciones, se debe a la ocupación de sitios susceptibles; zonas bajas de naturaleza inundable y sitios limítrofes a ríos y cuerpos de agua (Hernández y Vieyra, 2010). Por otro lado, la propia dinámica de las periferias urbanas involucra la compraventa de suelo susceptible a inundaciones a bajo costo, o bien, se adquiere de forma clandestina que, acompañada de la escasa vigilancia o permisibilidad de las autoridades, favorece la ocupación desordenada, lo que causa la reconfiguración del territorio y forma nuevos sitios inundables (Arteaga, 2005; Ríos 2010).

Tradicionalmente, el análisis de riesgo asociado a inundaciones se limitaba al desequilibrio de la ecuación entre infiltración-escorrentía, sin embargo, este análisis es insuficiente, ya que las inundaciones urbanas son un fenómeno múltiple-causal; por lo tanto, contiene otras variables que, al incluirlas en la ecuación, proporcionan características del espacio para identificar el tipo de riesgo al que se enfrenta (Franco, 2010; Ríos, 2010). Elementos que también se pueden aprovechar para aminorar las consecuencias, ya sea modificando el espacio alterado o adaptándolo.

Al respecto, aprovechar parches urbanos en los que se desarrolla cualquier tipo de vegetación, como las áreas verdes urbanas (AVU), resulta una alternativa para mitigar inundaciones. Las AVU son espacios públicos o privados compuestos de vegetación (pastos, árboles o arbustos) que tienen la capacidad de infiltrar y almacenar agua y prestar servicios ambientales (Suárez, 2016).

Castro (2005), analizó la creciente tendencia por estudiar las áreas verdes como reguladores ambientales y para reducir el riesgo, sea el caso de la incorporación y conservación de esos espacios para mitigar inundaciones, donde el autor señala la importancia de la funcionalidad y el uso. La función de las AVU puede ser recreativa, ecológica y social, aunque también se han identificado multifunciones como el control de

escorrentía, infiltración de agua reducción de contaminantes, atracción de biodiversidad, disminución de temperatura, confort en la calidad de vida y otros servicios ambientales (Flores-Xolocotzi y González-Guillén, 2010; Suárez, 2016).

En cuanto al uso, Falcón (2007), indica que las áreas verdes se dividen, principalmente, en acceso restringido y libre acceso, y se pueden clasificar de acuerdo a su superficie tales como, espacios metropolitanos, espacios urbanos, de distrito, de vecindad y mini-parques. Al igual que se clasifican por su diseño arquitectónico, por ejemplo, parques y jardines urbanos, gran parque suburbano, y bosques rústicos. Por su parte, Salvador (2003), caracterizó el tipo de AVU por corredores verdes (árboles y pastizales) a lo largo de avenidas y calles, los parques, jardines, plazas ajardinadas, espacios agrícolas, terrenos baldíos y cinturones verdes que rodean la ciudad. Así, la función y el uso de las AVU son características importantes para la mitigación de inundaciones, ya que entre sus diferentes particularidades pueden retener agua, infiltrar agua o contener escurrimientos

En algunos estudios en ciudades como Santiago de Chile, San José de Costa Rica, Tijuana y Morelia en México, se analizaron las causalidades de las inundaciones, la respuesta social y adaptación de los sistemas afectados, así como las diferentes alternativas para mitigar los efectos que causan. Entre las alternativas se consideraron las áreas verdes urbanas o espacios abiertos como zonas de amortiguamiento que, entre otras características, tienen la capacidad de almacenar agua y amortiguar el impacto de avenidas torrenciales o reducir las amenazas por la acumulación de agua en sitios inundables (Ojeda y Álvarez, 2000; Castro, 2005; Hernández et al, 2012; Vásquez, 2016).

Esta estrategia para mitigar inundaciones, podría ser una alternativa en periferias urbanas de ciudades con acelerado crecimiento, pues en ellas, la ocupación del sitio suele acompañarse de espacios abiertos conocidos como AVU conforme el lugar se consolida.

Un ejemplo del tema planteado en el contexto mexicano es la ciudad de Querétaro. En los últimos 30 años ha experimentado un acelerado crecimiento demográfico y físico, pasó de tener 552,470 habitantes y una extensión de 6,429.53 ha en 1990 a 1'225,185 habitantes y una superficie de 18,216 ha en el 2015 (Göbel, 2015; Hernández *et al.*, 2016). Esto favoreció la ocupación de zonas propensas a inundación,

especialmente hacia la periferia norte de la ciudad (García-Estrada y Hernández-Guerrero, 2015).

En el Plan municipal de desarrollo (H. Ayuntamiento de Querétaro, 2018) se menciona el problema crítico de inundaciones en la periferia de la ciudad, donde las inundaciones son cada vez más peligrosas y recurrentes desde hace 20 años, especialmente el sector norte, mismo que se encuentra en uno de los polos de la ciudad con mayor dinámica urbana.

Al respecto, García-Estrada y Hernández-Guerrero (2015) identificaron el riesgo asociado por el desbordamiento del dren Santa Rosa Jáuregui al norte de la ciudad. El objetivo de esta investigación fue analizar la respuesta local e institucional ante los eventos hidrometeorológicos que afectan a los habitantes contiguos al dren. Se mencionó que los espacios abiertos (baldíos y áreas verdes), pueden incluir infraestructura para mitigar inundaciones. El IMPLAN, Querétaro junto con la ONU-Hábitat instalada en el municipio de Querétaro (2018), coincide con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 2008) y García-Estrada y Hernández-Guerrero (2015) sobre la falta de AVU en la periferia de la ciudad y la importancia que estas tienen en el desarrollo urbano y mitigación de riesgo y problemas ambientales (H. Ayuntamiento de Querétaro, 2018).

En el 2008, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) alertó al municipio sobre las problemáticas ambientales como las inundaciones que sucederían en consecuencia al acelerado proceso de urbanización en una zona de especial atención ambiental, como lo es la periferia norte de la ciudad de Querétaro.

Por lo antes señalado, en la periferia norte, misma que corresponde con las delegaciones Félix Osores Sotomayor y Epigmenio González, los cambios acelerados traen consigo la ocupación de lugares próximos a bordos y presas, o bien, sobre escurrimientos naturales, cuerpos de agua desecados o temporales y zonas de recarga hídrica, todo ello, acompañado de bajo valor del suelo y la cercanía con fuentes de trabajo, pero también con deficiente planeación y dificultades para la dotación de servicios públicos (Gobierno del Municipio de Querétaro, 2007).

Respecto a lo anterior destacan las colonias Jurica y El Salitre, sitios que se localizan en la ya señalada, periferia norte de la ciudad de Querétaro, y donde los Planes

de Desarrollo Urbano 2007, de las delegaciones Félix Osores Sotomayor y Epigmenio González establecieron como estrategia un control sistemático de la ocupación del suelo, con una franja comprendida a 200 metros de ambos márgenes de los cauces de arroyos o drenes, áreas colindantes a bordos y cuerpos de agua (Gobierno del Municipio de Querétaro, 2007).

La suma total de las áreas verdes localizadas en las delegaciones estudiadas, según el Plan Municipal de Desarrollo (H. Ayuntamiento de Querétaro, 2018), es de 1'562,803.5 m<sup>2</sup> que pertenece a la delegación Félix Osores Sotomayor donde se ubica Jurica. Para la delegación donde se encuentra El Salitre 1'200,150.8 m<sup>2</sup> de superficie. Las cifras anteriores se tomaron como tipos de áreas verdes los parques, camellones, jardines, unidades deportivas, distribuidores, áreas verdes no definidas, panteones, plazas, andadores, gloriets y remanentes (H. Ayuntamiento de Querétaro, 2018).

En particular a la identificación de AVU por Benítez (2019), en Jurica hay una extensión de 29,759.66 m<sup>2</sup>, se tomaron en cuenta deportivos, plazas ajardinadas, parques, jardines, gloriets, camellones, corredores verdes y terrenos baldíos. Y con respecto a la colonia el Salitre no hay existencia del registro en particular de la cantidad de m<sup>2</sup> de áreas verdes.

De acuerdo con diferentes noticias por vía electrónica entre ellos La Coordinación Nacional de Protección Civil (CENACOM), el Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CIDTEQ), El Universal y El Observador, los meses con una precipitación considerable desde el año 2003 hasta el 2017 se presentan con más frecuencia entre agosto, septiembre y octubre. Estos son los meses donde las colonias presentan mayores problemáticas de esta índole. Tal es el caso, del 27 de septiembre del 2017 en que hubo un evento de lluvia atípica dejando como secuela una persona fallecida y la presencia de materiales en diferentes vialidades de 17 colonias; además, generó dos socavones en la entrada del pueblo de Jurica por el desborde del dren con el mismo nombre (Camacho, 2017).

Dentro de las colonias Jurica y El Salitre, según el PNUMA (2008), el H. Ayuntamiento de Querétaro (2018) y el IMPLAN, Querétaro (2018), denuncian la deficiencia de la infraestructura hidráulica, lo que ocasiona que los daños por inundaciones sean prolongados. También existe escasa información sobre AVU en las

zonas mencionadas. Sin embargo, el estudio de Benítez (2019) en la colonia Jurica menciona que las áreas verdes urbanas (AVU) debido a su poco uso y escaso mantenimiento pudieran ser adaptadas para mitigar problemas ambientales, entre ellas inundaciones.

Cabe decir que la delegación Santa Rosa Jáuregui cuenta con un plan de contingencia de lluvias, sin embargo, es necesario contribuir en ese tema a fin de minimizar los efectos negativos en las temporadas de lluvias para reducir el impacto y los daños materiales y humanos por inundaciones (Gobierno del Municipio de Querétaro, 2007). De manera transversal se distingue la ausencia o deficiencia en infraestructura urbana y áreas verdes urbanas. No obstante, aumentar esos elementos urbanos con mejor planeamiento y adaptación contribuiría a controlar escurrimientos pluviales y reducir el riesgo de inundaciones, o bien, sitios que todavía no se inundan.

Por lo tanto, el presente estudio tuvo como objetivo adaptar la función de áreas verdes urbanas para mitigar inundaciones en los estudios de caso de El Salitre y Jurica en la periferia norte de la Ciudad de Querétaro, eso a través de investigación *in situ* y sistemas de información geográfica, donde los resultados puedan ser extrapolados a otros sitios con similares características y problemáticas a fin de disminuir el riesgo en espacios con acelerada reconfiguración territorial.

## 2. ÁREA DE ESTUDIO

La zona de estudio se encuentra dentro de la región hidrológica número 12 llamada Lerma Chapala; en la subcuenca del Río Querétaro (Gobierno del Municipio de Querétaro, 2007) y en las microcuencas San José el Alto y Colinas de Santa Cruz Segunda Sección Fideicomiso de riesgo compartido (FIRCO) (2016). Por su parte, los estudios de caso, las colonias urbanas El Salitre y Jurica se localizan en la periferia norte de la ciudad de Querétaro (Figura 1). Esas colonias se encuentran administradas por las delegaciones Epigmenio González y Félix Osores Sotomayor.

La colonia El Salitre se encuentra en Epigmenio González, que colinda con la vía Bernardo Quintana y la carretera 57 rumbo a San Luís Potosí hasta el acceso a Juriquilla y termina en la carretera del aeropuerto. Mientras tanto, la colonia Jurica se encuentra en la delegación Félix Osores Sotomayor, este limita al sur con el acceso “Y” hasta San Pedro Mártir, siguiendo los límites ejidales hasta el Basurero municipal (Gobierno del Municipio de Querétaro, 2007).

El Salitre se encuentra a una altura de 1841 msnm. Cuenta con una extensión de 42 hectáreas y 4,442 habitantes, lo que representa el 15.82% de la delegación Epigmenio González. Por su parte, Jurica tiene 10,834 habitantes y se encuentra a una altura de 1893 msnm, además, cuenta con una extensión de 480 hectáreas que representa el 18.88% de la delegación Félix Osores Sotomayor (INEGI, 2016).

En cuanto a la geología de los casos de estudio predominan las rocas volcánicas de tipo extrusiva básica y toba del lado oeste, mientras que hacia el este basaltos, toba y residual; en el aspecto edafológico predominan los suelos de tipo vertisol pélico, suelos de arcillas expandibles (característica) (Gobierno del Municipio de Querétaro, 2007). Hacia el este se encuentra el Cerro del Sombrerete, enseguida de la colonia el Salitre, y al oeste en Jurica sur el Cerro del Tambor.

Cabe decir que los dos estudios de casos están influenciados por los escurrimientos de la microcuenca hidrográfica San José El Alto, donde los cauces principales tienen su punto de salida sobre ambas colonias. El arroyo Jurica es el principal escurrimiento para la delegación Félix Osores Sotomayor, mientras que el bordo



### 3. MÉTODOS Y HERRAMIENTAS

Para lograr el objetivo planteado, se llevó a cabo una metodología mixta (cuantitativo-cualitativa) dividida en seis etapas, las cuales evidencian una perspectiva más amplia hacia la mitigación de inundaciones. La estructura es la siguiente: 1) Identificación de zonas de inundación; 2) Base climática de precipitación y parámetros hidrográficos; 3) Identificación de áreas verdes urbanas; 4) Índice socio-residencial; 5) Identificación de elementos peligrosos y amenazados; y 6) Adaptación de áreas verdes urbanas para mitigar inundaciones.

#### 3.1. Identificación de zonas de inundación

En primera instancia, se integró un panorama general de la situación en riesgo a inundaciones en las colonias involucradas a través de información hemerográfica. Lo anterior a partir de información extraída en hemeroteca de fuentes digitales y físicas disponibles en los periódicos locales; por mencionar algunas, *El Observador*, *El Diario de Querétaro*, *Noticias Querétaro*, *AM Querétaro*, *ADN Informativo*, acerca de los eventos hidrometeorológicos como granizadas, tormentas, heladas y sequías. Enfocado a las inundaciones y daños considerables en el municipio de Querétaro en los últimos 15 años (2003 al 2018).

El método consistió en revisar las secciones donde ocasionalmente se publican estos eventos, descartando los apartados innecesarios para la investigación (deportes, espectáculos, clasificados). El registro se llevó a cabo en una hoja de cálculo con los encabezados que nos permitieron acomodar los datos y darle una mejor estructuración, la cual fue la siguiente: Municipio, Sector, Día, Mes, Año, Suceso, Especificaciones, No. de Pérdidas/Daños, Dictamen, Monto destinado, Apoyo Con Recursos de, Fuente y Observaciones.

Otros datos de utilidad fueron los registros y evidencias descritas en los Planes Parciales de Desarrollo Urbano de las Delegaciones Félix Osores Sotomayor y Epigmenio González (Gobierno del Municipio de Querétaro, 2007). En el Plan Maestro

Pluvial (UAQ, 2009) se encontraron tanto puntos como líneas de colectores sanitarios y pluviales en conflicto, así como polígonos en los cuáles se evidencia las extensiones de donde se presentaron y se presentan actualmente eventos atípicos hidrometeorológicos.

También se revisó el Atlas de riesgo para el municipio de Querétaro (Unidad de protección civil del Municipio de Querétaro, 2015) en el cual se encontraron polígonos de inundación, sin embargo, tenía un año de registro del 2003, por lo tanto, se revisaron otros documentos más recientes, entre ellos el publicado en el año 2018 denominado ámbitos estratégicos Q500, una estrategia de territorialización del índice de prosperidad urbana en Querétaro (IMPLAN, Querétaro, 2018), en el cual ubican otras áreas de inundaciones, por ejemplo, en Jurica se registran polígonos de inundación hacia el sur y al este de la colonia; mientras que los registros para El Salitre las áreas de inundación se localizan en el norte.

De manera complementaria y para reforzar la precisión de la capa de áreas inundables, se consultaron otras fuentes, entre ellas la Tesis “Estrategia de manejo para la mitigación de riesgo por inundación en la microcuenca de San José El Alto” de Peña (2017), donde también se efectuó una consulta hemerográfica (2000-2016) y sirvió de base para su actualización.

Lo siguiente, correspondió a la representación espacial en formato vectorial de la información recuperada hasta el momento, con lo cual se construyó la cartografía base de los puntos inundables en los estudios de caso, acompañada de una capa de manzanas urbanas disponible en el Censo de Población y Vivienda del año 2010 y al Inventario Nacional 2016, para así dar paso al enriquecimiento de un sistema de información geográfica (SIG) que acompañó cada etapa del proyecto.

### **3.2. Base climática de precipitación y parámetros hidrográficos**

La recopilación de los datos de precipitación fue a través del software llamado Extractor Rápido de Información Climatológica (ERIC III v3.2) (IMTA, 2013); ya que se revisó la Base de datos climatológica Nacional (Sistema CLICOM) y se identificó menor cantidad

de datos en comparación con el ERIC. Se seleccionaron estaciones cercanas al municipio de Querétaro tomando en cuenta criterios como, al menos el 80% de datos completos, un mínimo histórico de 30 años y una distancia entre sí, no mayor a 16 km. Las estaciones que cumplieron con los requisitos son El Pueblito, E.T.A 128 Carrillo y Juriquilla, mientras que estaciones como El Salitre y Querétaro (DGE) cuentan con 25 años y más del 50% de datos completos. Por otro lado, la estación Pathé (CFE) se eligió, a pesar de que solo cuenta con 9 años, pero tenía el 95% de datos completos (Tabla 1).

Tabla 1. Estaciones climáticas e información de precipitación

Parámetros	El Pueblito	E.T.A. 128 Carrillo	Juriquilla	El Salitre	Querétaro (DGE)	Pathé (CFE)
Clave	22006	22027	22045	22054	22063	22069
Longitud	-100.448	-100.433	-100.459	-100.2519	-100.2253	- 100.2235
Latitud	20.522	20.6	20.704	20.39	20.3511	20.3548
Distancia aprox. a Jurica (km)	15.92	6.83	5.07	5.02	7.1	10.7
Distancia aprox. a El Salitre (km)	16	7.38	5.69	2	13.03	15
Media de Precipitación (mm)	42.23	42.43	31.39	22.52	43.80	35.53
Desviación estándar de Precipitación	39.35	43.82	29.98	18.13	42.22	31.86
Mes/Precipitación máxima (mm)	Agosto 102.52	Agosto 109.43	Julio 88.60	Julio 62	Julio 134.9	Junio 96.2
Mes/Precipitación mínima (mm)	Enero 9.55	Diciembre 4	Enero 5	Diciembre 5	Diciembre 9.1	Diciembre 4.7

Fuente: Elaborado con información del IMTA (2013).

El llenado de vacíos en la hoja de cálculo resultante se realizó con la técnica de interpolación lineal (Guevara, 1987). El objetivo de extraer datos climáticos del software ERIC III v3.2 fue para crear una tabla de precipitación media mensual para visualizar de manera gráfica el comportamiento en la serie de tiempo e interpretar los meses con mayor precipitación a lo largo de 30 años.

La base de datos de la precipitación mensual extraída, se utilizó como insumo para la elaboración del balance hídrico por el método de Thornthwaite, el cual, a través de una representación gráfica, permite comparar la precipitación mensual (P) con otros datos de procesos generados del mismo método como la Evapotranspiración potencial

(ETP), la Evapotranspiración real (ETR) y la temperatura observada, que, de acuerdo a su comportamiento en la gráfica interpreta los meses en los que hubo Gasto de la reserva útil, Déficit hídrico, Recarga por infiltración, la Saturación y escorrentía.

A través del balance hídrico se obtuvo información sobre las variables necesarias para comprender el proceso que lleva la precipitación una vez que cae en un sitio (Anexo I). Por esta razón, es indispensable la calidad y cantidad de datos que disponen las estaciones climáticas y los años en los que se encuentran sus respectivos registros (Sociedad Geográfica de Lima, 2011).

Respecto a los parámetros hidrográficos, se utilizó el método estándar de Aparicio (2005); y Akan y Houghtalen (2003) para obtener la morfometría de la microcuenca San José El Alto, se emplearon los parámetros de forma (área, perímetro, longitud de la cuenca, índice de forma, coeficiente de compacidad y relación de elongación) y parámetros de relieve (relación de bifurcación, longitud del cauce principal, densidad de drenaje, pendiente media de la microcuenca, elevación máxima y mínima, pendiente del cauce principal y orden de drenaje).

Asimismo, con base en las características de los estudios de caso se aplicó el método racional tradicional Aparicio (2005) y el método tradicional para pequeñas áreas (Martínez *et al.*, 2013), con ello se podrá identificar cuánto es la cantidad de agua en m<sup>3</sup>/seg que puede presentarse en una determinada lluvia.

“El método racional asume que el máximo porcentaje de escurrimiento de una cuenca ocurre cuando la totalidad de tal cuenca está contribuyendo al escurrimiento, y que el citado porcentaje de escurrimiento es igual a un porcentaje de la intensidad de lluvia promedio.” (Martínez *et al.*, 2013)

Para el método racional tradicional la expresión matemática es la siguiente:

$$Q=CIA/3.6$$

Donde, Q es el caudal de diseño; C es el coeficiente de escurrimiento, A es la superficie (km) e I es la intensidad de la precipitación.

El método incluye el tiempo de concentración, por ello se utilizaron dos expresiones con el fin de comparar resultados, las expresiones son las siguientes:

$$TC=0.000323(L^{0.77}/Pc^{0.385}) \text{ y } TC=0.3(L/Pc^{0.25})^{0.75}$$

Donde, TC es el tiempo de concentración; L es Longitud del cauce principal (m); Pc es la pendiente del cauce principal

Por otro lado, el método racional para pequeñas áreas tiene un coeficiente de uniformidad y se expresa de la siguiente forma:

$$Q=0.278CIA = Q=CIK/3.6$$

Donde, Q es el caudal de diseño; C es el coeficiente de escurrimiento, A es la superficie (km) e I es la intensidad de la precipitación; y K es el coeficiente de uniformidad.

En lo que respecta al coeficiente de escurrimiento se utilizaron los parámetros normalizados establecidos por tipo de cobertura de suelo y pendiente (Tabla 2).

Tabla 2. Valores del coeficiente de escurrimiento.

TIPO DEL ÁREA DRENADA	COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO	
	Mínimo	Máximo
<b>ZONAS COMERCIALES</b>		
Zona comercial	0.70	0.95
Vecindario	0.50	0.70
<b>ZONAS RESIDENCIALES</b>		
Unifamiliares	0.30	0.50
Multifamiliares, espaciados	0.40	0.60
Multifamiliares compactos	0.60	0.75
Semiurbanos	0.25	0.40
Casa habitación	0.50	0.70
<b>ZONAS INDUSTRIALES</b>		
Espaciado	0.50	0.80
Compacto	0.60	0.90
<b>CEMENTERIOS, PARQUES</b>	0.10	0.25
<b>CAMPOS DE JUEGO</b>	0.20	0.35
<b>PATIOS DE FERROCARRIL</b>	0.20	0.40
<b>ZONAS SUBURBANAS</b>	0.10	0.30
<b>CALLES</b>		
Asfaltadas	0.70	0.95
Concreto hidráulico	0.70	0.95
Adoquinadas	0.70	0.85
<b>ESTACIONAMIENTOS</b>	0.75	0.85
<b>TECHADOS</b>	0.75	0.95
<b>PRADERAS</b>		
Suelos arenosos planos (pendiente 0.02 o menos)	0.05	0.10
Suelos arenosos con pendientes medias 0.02-0.07)	0.10	0.15
Suelos arenosos escarpados (0.07 o más)	0.15	0.20
Suelos arcillosos planos (0.02 o más)	0.13	0.17
Suelos arcillosos con pendientes medias (0.02-0.07)	0.18	0.22
Suelos arcillosos escarpados (0.07 o más)	0.25	0.35

Fuente: Tomado de Aparicio (2005).

En el caso de la intensidad de lluvia se tomó el método de precipitación, duración y periodo de Hernández (2006). Para este método se utilizaron los datos de precipitación promedio, con ello se implementó la siguiente expresión:

$$P_{Te} = A + B(\log Te)$$

Donde,  $P_{Te}$  = lluvia máxima diaria de periodo de retorno  $Te$ , en milímetros;  $Te$  = periodo de retorno de la serie de excedentes anuales;  $\log$  = logaritmo decimal del periodo de retorno.

$$r_{xy} = \frac{S_{xy}}{\sqrt{S_x^2 S_y^2}}$$

Por su parte el coeficiente de correlación es igual a:

Cabe señalar que el coeficiente de correlación lineal es una medida numérica de la correlación entre dos variables. Debe fluctuar de  $-1$  a  $+1$  para la correlación perfecta.

Adicional a lo anterior, se seleccionó un cociente del orden de 0.60 para la relación entre la lluvia en una hora y la de 24 horas, ambas de periodo de retorno de 2 años. De esta manera, la lluvia en una hora será igual a:

$$P_2^{60} = 0.60(P_2^{1440})$$

Por último, a través de la figura 2 se determina un valor para la lluvia horaria de periodo de retorno de 2 años.

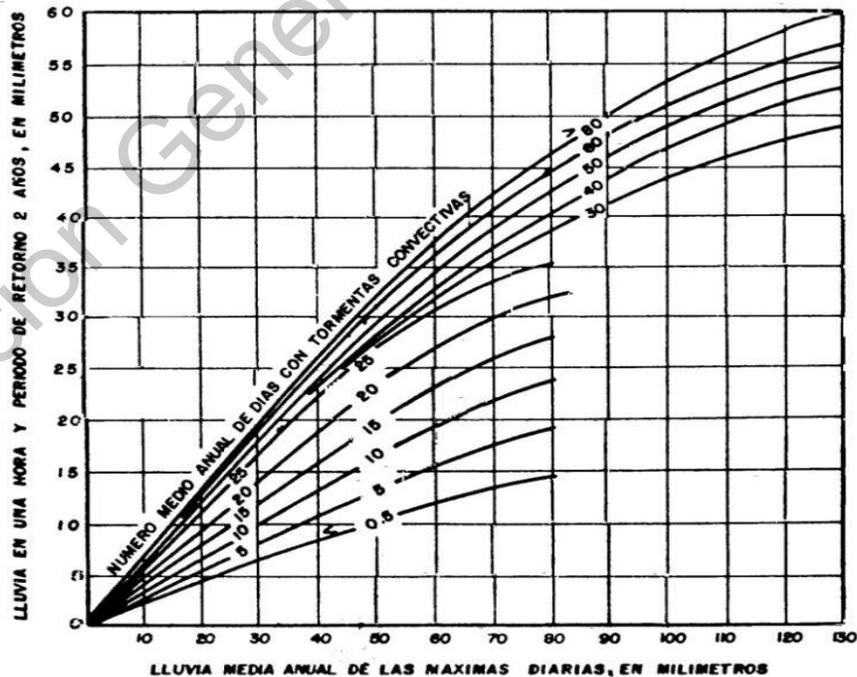


Figura 2. Diagrama de la curva de lluvia media anual y periodo de retorno.

Fuente: Campos (1997).

### 3.3. Identificación de áreas verdes urbanas

Al haber identificado los polígonos y puntos históricos de inundación y localizar los nuevos sitios en etapas anteriores a través de precedentes publicados, permite relacionarlos con varias causalidades, entre ellas, reconocer aquellas áreas verdes que pueden ser zonas de amortiguamiento, o bien, requieran alguna modificación para que cumplan con su multi-función como se ha mencionado en la justificación teniendo como prioridad la capacidad de almacenamiento de agua.

Parte de la estrategia está en superponer las capas de áreas y puntos donde se registraron las zonas inundables, y las localizaciones de las AVU con las que cuentan ambos estudios de caso, para ello fue necesario digitalizar y categorizar cada una conforme a lo establecido en otros estudios similares. El Plan Municipal de Desarrollo (Gobierno Municipal de Querétaro, 2018) y Benítez (2019) proponen una clasificación de categorización para las áreas verdes urbanas, los cuales, para usos de este trabajo se utiliza ambas, y además que se utilizarán los resultados de los anteriores estudios y se complementarán a través de la digitalización por medio de imágenes satelitales de fácil acceso como las que proporciona *Google Earth Pro*.

La decisión de utilizar imágenes satelitales de *Google Earth Pro* fue debido a que los trabajos que fueron revisados con anterioridad habían omitido este paso y por esta razón faltaban algunas áreas por determinar; además, la colonia El Salitre no fue tomada en consideración en los proyectos revisados. La digitalización se elaboró con la herramienta “*Agregar un polígono*” de la interfaz del software, una vez digitalizados se llevaron al programa *ArcMap* para detallar la capa, re-proyectar correctamente y clasificar cada AVU. Para rectificar la información obtenida, se llevaron a cabo tres recorridos de campo para corroborar *in situ* la existencia y forma de las AVU, y las zonas inundables.

### 3.4. Índice socio-residencial

El índice socio residencial (ISR) se elaboró con base en Hernández *et al.* (2012), el cual utiliza un método que relaciona variables censales: demográficas, socioeconómicas y residenciales. Ese ejercicio proporciona la diferenciación socio-residencial e identifica algunos elementos considerados dentro de la vulnerabilidad. Los insumos requeridos para el índice se obtuvieron de la información contenida en el Censo de Población y Vivienda 2010 y la cartografía urbana por manzanas urbanas del Inventario Nacional del año 2016. En la tabla 3 se representan las variables utilizadas y las tasas empleadas para construir el índice.

Tabla 3. Indicadores y tasas incluidas en el ISR

Id	Tasas	Fórmula
(a)	Dependencia demográfica.	$((\text{población de 0 a 14 años} + \text{población mayor a 65}) / \text{población total}) * 100$
(b)	Población infantil.	$(\text{población de 0 a 14 años} / \text{población total}) * 100$
(c)	Población mayor a 65 años.	$(\text{población de 65 años y más} / \text{población total}) * 100$
(d)	Población desocupada	$(\text{población desocupada} / \text{población económicamente activa}) * 100$
(e)	Instrucción insuficiente.	$((\text{población de 15 años y más analfabeta} + \text{población de 15 años y más sin escolaridad}) / \text{población de 15 a 64 años}) * 100$
(f)	Población con derechohabiencia a servicios de salud.	$(\text{población con derechohabiencia a servicios de salud} / \text{población total}) * 100$
(g)	Hogares particulares con piso de tierra.	$(\text{hogares con piso de tierra} / \text{total de hogares particulares habitadas}) * 100$
(h)	Hogares particulares con dos cuartos.	$(\text{hogares con dos cuartos} / \text{total de hogares particulares habitadas}) * 100$
(i)	Hogares particulares que disponen de luz eléctrica.	$(\text{hogares con luz eléctrica} / \text{total de hogares particulares habitadas}) * 100$
(j)	Hogares particulares que disponen de agua entubada en el ámbito del hogar.	$(\text{hogar con agua} / \text{total de hogares particulares habitadas}) * 100$
(k)	Hogares particulares habitados que disponen de drenaje.	$(\text{hogares con drenaje} / \text{total de hogares particulares habitadas}) * 100$
(l)	Hogares particulares que disponen de computadora.	$(\text{hogares con computadora} / \text{total de hogares particulares habitadas}) * 100$
(m)	Hogares particulares que disponen de teléfono fijo.	$(\text{hogares con teléfono fijo} / \text{total de hogares particulares habitadas}) * 100$
(n)	Hogares particulares habitados que disponen de lavadora.	$(\text{hogares con lavadora} / \text{total de hogares particulares habitadas}) * 100$
(o)	Hogares particulares habitados que disponen de refrigerador.	$(\text{hogares con refrigerador} / \text{total de hogares particulares habitadas}) * 100$

Fuente: Elaborado con información censal del INEGI (2010).

El índice se desarrolló con una técnica estadística de reducción de factores, específicamente, análisis de componentes principales (ACP). Esa técnica permite transformar un conjunto de variables que actúan sobre un hecho, a otro conjunto reducido en cuanto a la dimensión en número de variables correlacionadas y retirando aquellas que no tenían una relación considerable (De la Fuente, 2011) y de la regresión lineal para poder dar un significado y estratificar por niveles o rangos los resultados de todas las variables solicitadas. Posterior a ello, con los factores resultantes de la primera componente se llevó a cabo la elaboración de rangos a través de la fórmula condicionante *SI* en el programa Excel, después la información se llevó al programa *ArcMap* para la representación cartográfica

### **3.5. Identificación de elementos peligrosos y amenazados.**

En esta etapa se identificaron aquellos elementos peligrosos y amenazados asociados con inundaciones, a lo cual se utilizó análisis espacial y observación directa. De manera inicial se definió un polígono alrededor de un punto específico y una distancia establecida como zona de influencia de inundaciones, eso fue con un *buffer* de 500 a 700 metros. La justificación para determinar las zonas de influencia fue identificar las actividades económicas que podrían estar amenazadas por pérdidas materiales parciales o totales, así como daños en su infraestructura a partir de las inundaciones que suceden año con año (obtenidas en la etapa 1 del presente capítulo). Así, fue necesario identificar las actividades primarias, secundarias y terciarias sobre el plano, el directorio estadístico nacional de unidades económicas (DENUE) proporciona de manera vectorial los puntos en donde se encuentran estas unidades económicas.

En un plano de los estudios de caso, se determinó dónde colocar el punto de origen del *buffer* de influencia, así como la cantidad de estos. Lo anterior se acompañó de una capa topográfica, el índice socio residencial, las áreas verdes y la capa de vectores con las áreas inundables, además de algunos elementos de referencia (vialidades e hitos). Una vez realizado los *buffers* se llevó a cabo un análisis de percepción, en donde se tomó en cuenta el área sur para la colonia Jurica, pues esta es la zona donde hubo más coincidencias con respecto a los antecedentes históricos de

áreas inundables. En relación con las áreas verdes, se decidió colocar tres puntos con un *buffer* de influencia de 500 m, y para el caso de El Salitre, se destinaron dos puntos de origen, repitiendo la misma estrategia en la cual la prioridad fueron aquellas áreas susceptibles a inundación.

Por otro lado, para visualizar la amenaza que representan estas áreas susceptibles se colocó la capa de puntos de actividades económicas obtenidas del DENUE. En este apartado y con base en la información integrada en la etapa 1, se llevaron a cabo recorridos a lo largo de las áreas susceptibles a inundaciones en las colonias estudiadas para confirmar la validez de los resultados.

En los recorridos de campo se utilizó una ficha de campo de observación directa obtenida del manual para identificación y evaluación de riesgos del PNUMA (2003). La ficha de campo está dividida en cuatro partes, y éstas al mismo tiempo subdivididas por otros apartados describiendo a las cuatro partes generales: 1) Infraestructura públicas y de la vivienda; 2) Daños posibles generados por las inundaciones; 3) condiciones cercanas al Dren; y 4) áreas verdes urbanas (siendo opcional) (Tabla 4). Además, se utilizaron mapas con los *buffers* para facilitar la observación de los lugares que necesitan atención especial asociadas con objetos amenazados en zonas inundables.

Se levantaron fichas por zona inundable, área verde y *buffer* de influencia. La estrategia desempeñada fue la selección de puntos dentro de las colonias y alrededor de las zonas marcadas como históricamente inundables. A partir de esta propuesta, se recurrió al sitio y se hizo un recorrido alrededor de dichas zonas, lo que aplicó ocho puntos para la colonia Jurica, de los cuales cinco fueron hacia el sur y al suroeste, dos al este, y uno al norte (en el pueblo Jurica). En el caso de El Salitre, se levantó información correspondiente a 10 puntos hacia el este y tres al norte de la colonia.

Tabla 4. Ficha de descripción de campo

1. Infraestructura	2. Daños	3. Dren	4. áreas verdes urbanas
Condición de las calles	Humedad en bases de vivienda	Distancia de la vivienda al dren	Tipo de AUV
Drenaje expuesto	Banquetas levantadas	El dren expide olor	Presencia de Juegos
Coladera expuesta	Perspectiva de la condición de las banquetas (1-10)	Presencia de agua	Presencia de cancha deportiva. Artificial / Natural
Bocas de tormenta expuesta	Presencia de basura en las calles	Perspectiva de la calidad del dren (1-5)	Presencia de Gym
Tomas de agua expuestas			Función de la AVU
Viviendas de autoconstrucción y percepción de calidad (1-5)			Percepción de la calidad del AUV (1-5)
Viviendas diseñadas y percepción de calidad (1-5)			
Elevación de la vivienda			
Desagüe pluvial de la vivienda propio			

Fuente: Elaboración con base en el PNUMA (2003).

### 3.6. Adaptación de áreas verdes urbanas para mitigar inundaciones.

Las zonas de especial atención se destacan de acuerdo a los resultados de cada etapa: la identificación de zonas inundables, los parámetros climáticos e hídricos, el índice socio-residencial, las áreas verdes urbanas y los objetos amenazados. Todos los resultados de las etapas anteriores se sumaron para obtener las áreas verdes y posibles a ser modificadas.

Con lo anterior, se seleccionaron tres AVU en la colonia Jurica, donde dos de esos espacios son terrenos sin construcción y uno es un espacio verde destinado para ser glorieta. Posterior a esa determinación, se utilizó de referencia el proyecto realizado por Morote (2017) en la ciudad de Alicante, España, donde la estrategia principal fue la adaptación de una extensa área verde para mitigar el riesgo de inundación. Ese proyecto implementó un contenedor que, en temporada de lluvia, el excedente hídrico de las calles aledañas estaba direccionadas hacia el contenedor, el cual podía llenarse hasta desbordarse sin causar amenaza a la infraestructura urbana. De este mismo, se podía

extraer el agua para el mantenimiento en cuestión de riego en otras áreas verdes el resto del año.

El trabajo de Morote (2017) inspiró, en el presente trabajo, en el diseño y/o adaptación de las áreas destinadas para la mitigación de los estudios de caso. El mecanismo del proyecto antes señalado se adaptó para las AVU que serán utilizadas en este proyecto, al igual que otras ideas y proyectos que se encuentran en el estado de Querétaro, tales como, los canales que ayudan a transportar agua en el jardín del templo de Santa Rosa de Viterbo en el centro de la ciudad, proyectos de inmobiliario de estructura metálica como con arbustos colocados del Pueblito que su funcionalidad es dar sombra a las banquetas y las funcionalidades de la flora nativa del estado y el municipio.

Considerado lo anterior, y después de un análisis en cuanto la ubicación histórica de los puntos y polígonos de inundación se notó que se podía crear un corredor con tres AVU modificadas con distintas funciones: la primera con atractivo visual, la segunda tiene una función informativa y la última con un mecanismo de almacenamiento. También se utilizaron los programas *ArcMap* y *Corel Draw 12*, los cuales auxiliaron el diseño de los espacios a ser adaptados. La adaptación se logró con previa investigación de la zona, identificación de vegetación nativa y materiales que no dañen en demasía el lugar.

Para la creación de los espacios de vegetación que existe en cada zona como amortiguamiento de agua fueron pensadas plantas nativas, para lo cual se tomó de referencia el catálogo de vegetación de distribución de Querétaro “Guía ilustrada de la flora del valle de Querétaro” (Martínez et al., 2017) (Anexo II). Con este catálogo se escogió la vegetación con mayor concordancia para este proyecto, que absorbieran la mayor cantidad de agua, que la retuvieron por mayor cantidad de tiempo y que no requieran de un mantenimiento excesivo *per sé*, por lo mismo que sea de fácil monitoreo.

De forma complementaria, se investigó algo sobre los materiales de construcción para crear las áreas verdes urbanas, y con esta una consulta o cotización, donde se propone materiales óptimos por su funcionamiento y mantenimiento. En el Anexo III se muestran costos de distintos materiales y se identificaron contactos de proveedores dentro de la ciudad que ayudarán a que el proyecto pueda ser sometido a una propuesta futura.

Es importante considerar que un componente significativo en el diseño de dichas áreas es el atractivo visual, para así cautivar a los habitantes de la colonia e invitarlos a usar las instalaciones. Los espacios fueron pensados de acuerdo con la edad e intereses de los mismos habitantes, ya que así, se aumentará la probabilidad del uso constante. Es decir, contiene elementos básicos para aumentar interés como una pista de correr, un área infantil, un anfiteatro, una cancha de pádel y un área con mobiliario de gimnasio al aire libre. Estas áreas al igual de tener una función de atractivo visual, se busca que contengan una finalidad de educación ambiental, y así, impulsar a los estudios de carreras afines y de educación básica a conocer su entorno y adaptarlo conforme sus características naturales.

## **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1. Zonas de inundación en las colonias Jurica y El Salitre**

La coincidencia y la réplica de áreas y puntos en las colonias analizadas es evidente, pues permitió observar que la mayoría de ellas se encuentran susceptibles a inundaciones desde hace más 25 años, periodo en el cual las estrategias, esfuerzos y/o programas que fueron postulados no han sido del todo eficaces para reducir el impacto de las inundaciones, al contrario, han aumentado.

Con base en lo anterior, el perímetro inundable en ambas colonias se extiende por casi toda la superficie según el *polígono de zonas de inundación- Q500 2018* (Figura 3). Las causas pueden ser variadas, pero sin duda el paso del canal El Arenal en la colonia Jurica, conectado aguas arriba con el cerro Palo Alto, junto con el dren de la Luz 1ª etapa, puede ser una de las principales causas, ya que adicional a ello, no se respetan los límites federales, sea la cercanía de las viviendas a menos de 200 m del límite de la zona máxima inundable (UAQ, 2009).

Hacia el sur de la colonia Jurica la mayoría de las fuentes consultadas coinciden, explicando que se trata de una zona de especial atención, manifestando puntos clave, especialmente a través del Plan Maestro Pluvial (UAQ, 2009) y denunciando el cruce de la infraestructura de los colectores pluviales y sanitarios, además de que esa situación

favorece desbordamientos constantes del cauce, así como olores desagradables antes, durante y después del periodo de lluvias.

Mientras que para El Salitre se muestra una distribución considerable de las áreas propensas a inundación. Sin embargo, no por ello menos importantes, ya que hacia el norte se encuentra una franja que, de acuerdo con Peña (2017), se extiende hasta la entrada de la colonia, causando afectaciones y daños a los inmuebles (parques y hogares). Al suroeste de la misma, existen dos sectores que coinciden en eventos del año 2003 y 2009, los cuales demuestran que la manifestación persiste, y por lo tanto es un área que se debe priorizar (IMPLAN, Querétaro 2010).

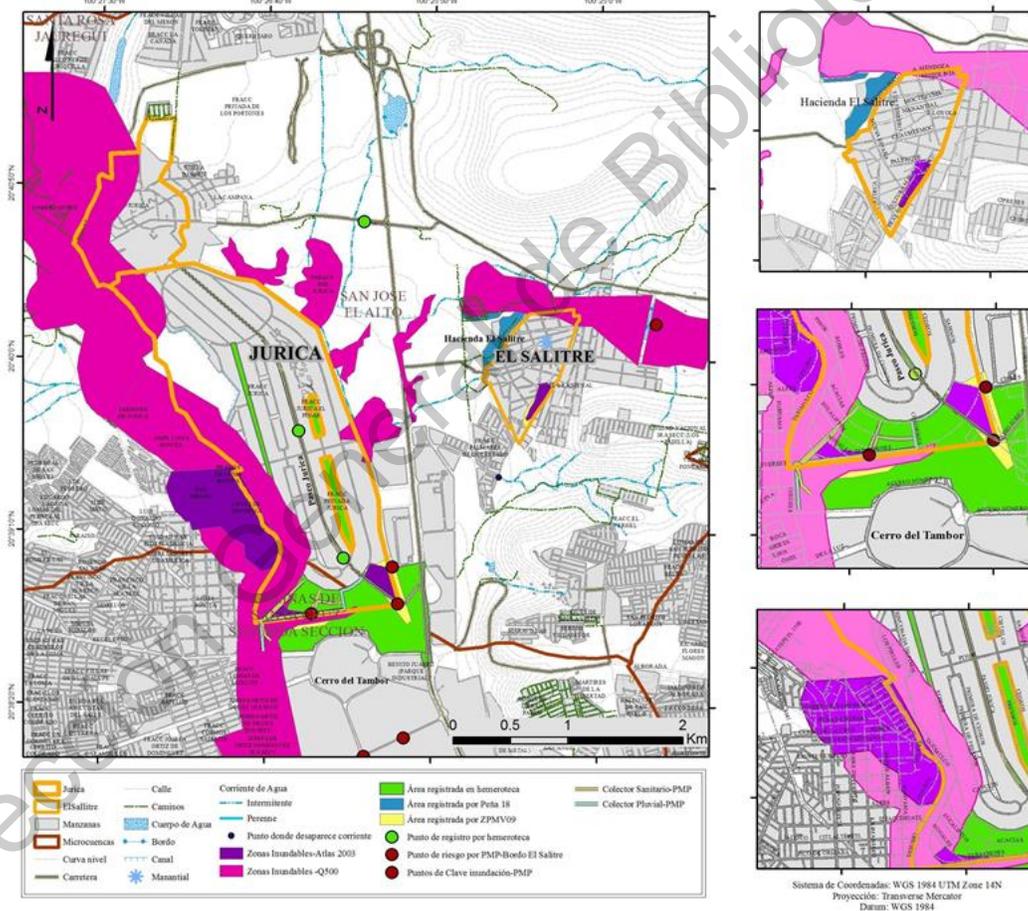


Figura 3. Zonas inundables dentro de las colonias El Salitre y Jurica.

Fuente: Elaboración con información hemerográfica y documentos oficiales (1995-2018) e información vectorial de INEGI (2015).

## 4.2. Precipitación y parámetros hídricos

El gráfico general de precipitación entre 1977 al 2012, arrojaron que el promedio de la precipitación es de 92.35 mm correspondiente al mes de julio. El mes que continúa con la tendencia de precipitación alta es agosto con 81.35 mm y, por último, septiembre con 70.72 mm (Figura 4). Examinando los datos arrojados por el gráfico mensual general se ubican con facilidad los meses con máxima precipitación, siendo julio, agosto y septiembre. Haciendo alusión a la información hemerográfica, es importante señalar que la formación de inundaciones coincide con los meses más lluviosos, y en ocasiones se extiende hasta octubre.

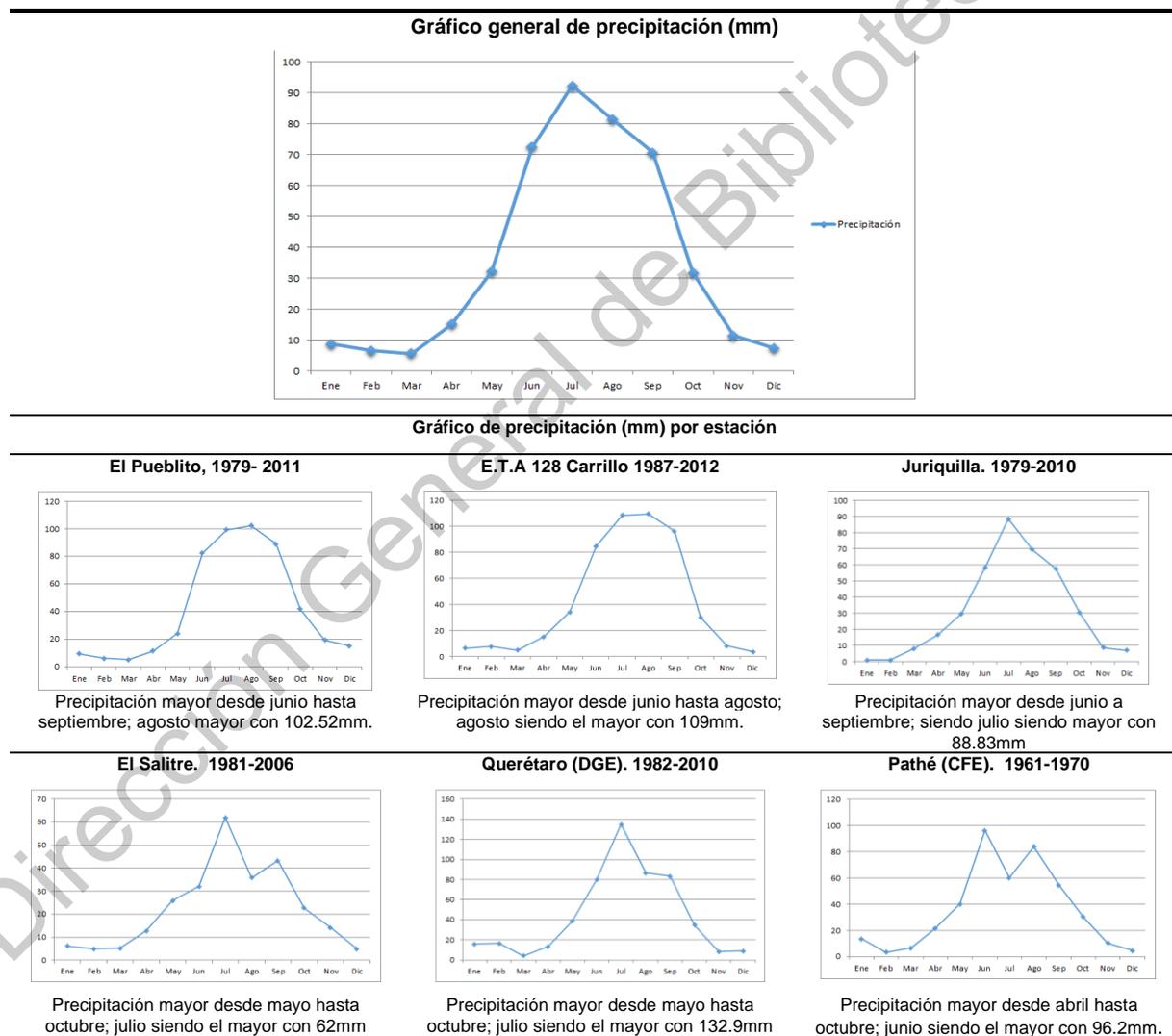


Figura 4. Gráfico de precipitación de 1977 al 2012.

Fuente: Elaboración propia con datos climatológicos del IMTA (2013)

Asimismo, en la figura 4 los gráficos de precipitación de cada estación climática incluida proporcionan datos más específicos, donde la estación más cercana a la colonia Jurica (estación climática Juriquilla), proporcionó datos de precipitación entre junio a septiembre, siendo julio el que presenta una mayor cantidad con 88.83 mm en un periodo de 31 años. Por otro lado, para la colonia El Salitre, y con la estación del mismo nombre, los meses con mayor presencia pluvial van de mayo a octubre en un periodo menor de 25 años, donde julio registró 62 mm, por lo que nuevamente es el mes de mayor precipitación.

Respecto a lo anterior, las series de tiempo no tienen una variación desproporcionada respecto a los generales, por el contrario, mantiene cierta homogeneidad, y se puede decir que es un elemento fundamental en la formación de inundaciones, pero también depende de otros factores.

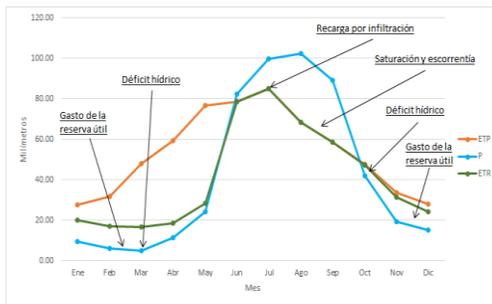
Para constatar los datos anteriores, se utilizó el balance hídrico, el cual arroja datos de gasto de reserva útil, déficit hídrico, recarga por infiltración, saturación y escorrentía a través de gráficas con parámetros que compara los datos de la precipitación mensual con otros indicadores de temperatura que van acompañados desde el momento que ocurre el fenómeno en forma de lluvia en el sitio. En este contexto, se pudo determinar que el mes de julio marca el comienzo del ciclo húmedo hasta el mes de septiembre, donde la precipitación supera la evapotranspiración potencial y la evapotranspiración real con variaciones según la estación, mismas que oscilan entre 60 mm y 130 mm (Figura 5).

El superávit en los meses señalados provocaron recarga por infiltración, pero al superar su capacidad de carga se presentó saturación y escorrentía, siendo variables con mayor importancia en la investigación debido a que muestra el punto exacto donde la lluvia sobrepasa el nivel de evapotranspiración real y saturación del suelo, debido a que las precipitaciones se han repetido desde los meses anteriores, el suelo se encuentra saturado y no se infiltra más agua, lo que causa que se presenten importantes inundaciones, y por lo tanto, afecta a la población que se encuentra en suelos vulnerables. Este punto llega cuando persisten las lluvias mayores a 95 mm durante los meses anteriores y en ocasiones afectan a los meses de julio, agosto y septiembre.

Después de este periodo es evidente la reserva útil para los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero cuando llueve menos de 15 mm al mes. Los meses que se observó un déficit hídrico, en donde la precipitación fue menor de 42 mm, es para los meses de febrero, marzo y octubre. Es importante recalcar que los datos que se observan en la figura 5 muestran comportamientos similares durante la serie de tiempo, aunque los cambios bruscos obedecen al correcto mantenimiento de cada estación climática.

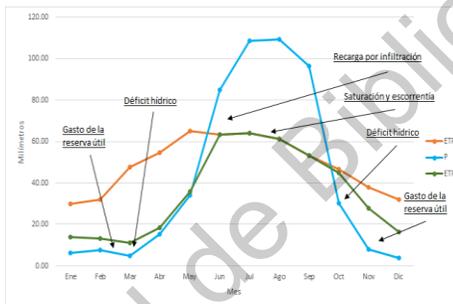
#### El Pueblito

- Gasto de reserva útil: mitad de noviembre finales de febrero.
- Déficit hídrico: marzo y octubre.
- Recarga por infiltración: julio.
- Saturación y escorrentía: agosto.



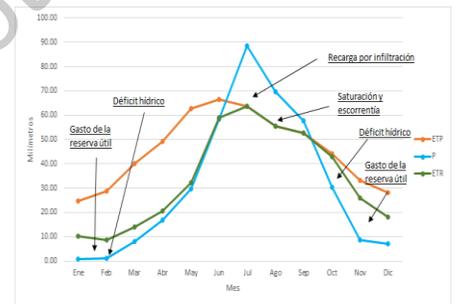
#### E.T.P. 128 Carrillo

- Gasto de reserva útil: principios de noviembre y mitad de febrero.
- Déficit hídrico: principios de marzo y octubre.
- Recarga por infiltración: junio.
- Saturación y escorrentía: julio.



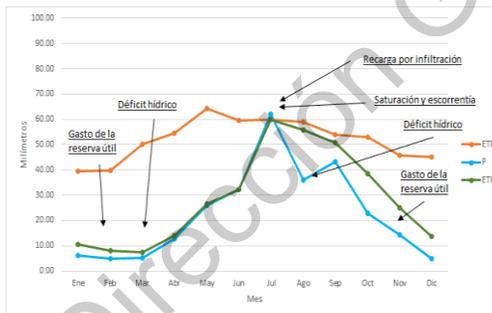
#### Juriquilla

- Gasto de reserva útil: noviembre y finales de enero.
- Déficit hídrico: febrero y octubre.
- Recarga por infiltración: julio.
- Saturación y escorrentía: agosto.



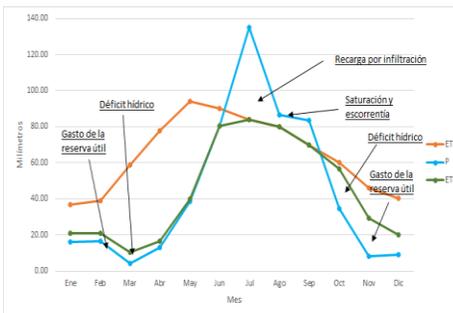
#### El Salitre

- Gasto de reserva útil: finales de octubre y finales de enero.
- Déficit hídrico: marzo y finales de agosto.
- Recarga por infiltración: julio.
- Saturación y escorrentía: julio.



#### Querétaro (DGE)

- Gasto de reserva útil: noviembre y principios de febrero.
- Déficit hídrico: marzo y finales de septiembre.
- Recarga por infiltración: principios de julio.
- Saturación y escorrentía: principios de septiembre.



#### Pathé (CFE)

- Gasto de reserva útil: mitad de noviembre y mitad de enero.
- Déficit hídrico: marzo y noviembre.
- Recarga por infiltración: julio.
- Saturación y escorrentía: septiembre.

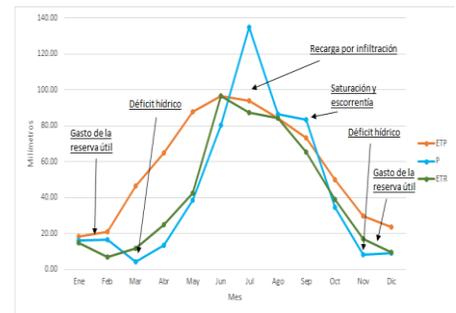


Figura 5. Balance hídrico para las distintas estaciones climáticas en la zona de estudio.

Fuente: Elaboración propia con información climatológica del IMTA (2013).

Por otro lado, la morfometría de la microcuenca San José El Alto permitió definir su forma oval redonda con tendencia a ser achatada, mientras que la relación elongación

señala que presenta secciones planas y accidentadas. Esos parámetros se relacionan con una densidad de drenaje moderada de orden cuatro, a la vez que su relación de bifurcación señala que puede producir caudales picos moderados (Tabla 5).

Tabla 5. Parámetros morfométricos de la cuenca San José El Alto.

Características de la cuenca	Resultado
Clima	BS1hw
Región hidrológica	12
Cuenca hidrológica	050
Subcuenca	07
Microcuenca	093
Parámetros de forma	
Área	78942753 m
Perímetro	46.7 km
Longitud de la cuenca	10313
Índice de forma	0.7422
Coefficiente de compacidad	1.4792
Relación de elongación	0.9718
Parámetros de relieve	
Relación de bifurcación	3.6
Longitud del cauce principal	12913 m
Densidad de drenaje	1.29 km/km <sup>2</sup>
Pendiente media de la cuenca	9.941
Elevación mínima	1820
Elevación máxima	2331
Elevación media	1973
Pendiente del cauce principal	3.95
Orden de drenaje	4

Fuente: Elaboración propia, con datos de la capa vectorial de microcuencas (FIRCO) (2016).

En lo que respecta al método racional tradicional, los resultados señalan un tiempo de concentración con la primera fórmula de 1.64 h, equivale a 98.43 minutos, mientras que con la segunda fórmula fue de 1.58 h, lo que quiere decir 94.98 minutos. Con esa información el caudal de diseño para un coeficiente de escurrimiento de 0.7 con intensidad de lluvia de 26.41 mm/h para un periodo de retorno de 2 años en una hora y una superficie de 78.94 km<sup>2</sup> fue de 405.37 m<sup>3</sup>/seg. También se obtuvo el caudal de

diseño con los mismos parámetros, pero con una intensidad de 20 minutos, y el resultado fue de 259.40 m<sup>3</sup>/seg.

En lo que respecta al método tradicional para pequeñas áreas, se tomaron los mismos datos y para el periodo de retorno de 2 años para una hora, el resultado fue un caudal de 405.7 m<sup>3</sup>/seg, mientras que para un periodo de 2 años de 20 minutos fue de 259.6 m<sup>3</sup>/seg.

En general se puede decir que los resultados de ambos métodos fueron similares, es decir, al tiempo que la cantidad de agua es suficiente para formar inundaciones en el punto de salida, eso equivale al lugar donde se localiza la colonia Jurica, por lo mismo la relación con los procesos anteriores deja de manifiesto la ocurrencia de los impactos año con año, más aún si en esa zona las edificaciones son desordenadas y obstruyen espacios para la salida del agua.

#### **4.3. Identificación de áreas verdes urbanas en Jurica y El Salitre.**

En la colonia Jurica, Benítez (2019) concluyó que con la existencia de 29,759.66m<sup>2</sup> de AVU, sin embargo, con la actualización del presente documento identificó 62,099.47m<sup>2</sup> (Figura 6). Así, se sumaron 12 áreas respecto al trabajo citado, sean terrenos baldíos y algunos jardines hacia el sur de la colonia que, según la clasificación de Benítez y el Plan Municipal de Desarrollo (Gobierno Municipal de Querétaro, 2018), entran en el conteo con respecto a los límites de la colonia. Asimismo, se revisó que no se replicará la información obteniendo un total de 91,859.14 m<sup>2</sup> de AVU para la colonia Jurica (Tabla 6).

Por otro lado, en la colonia El Salitre área la cual no abarcaba en particular estudios anteriores, se determinó un total de 29 áreas identificadas bajo la misma clasificación, utilizada por los autores citados en la exploración de campo con un total de 102,959.39 m<sup>2</sup> (Tabla 6). Entre las AVU determinadas 15 pertenecen a grandes terrenos baldíos, 8 a camellones y bordes a un costado del manantial, y 2 destinadas a recreación, entre ellas una cancha sintética (Figura 6).

Por lo tanto, del total de AVU para la delegación donde se ubica Jurica que es de 1'562,803.5 m<sup>2</sup> según el Plan Municipal de Desarrollo (Gobierno del Municipio de

Querétaro, 2018), solo el 5.87% pertenece en particular a Jurica y para El Salitre del total de áreas verdes para su delegación 1'200,150.8 m2 el 8.57% se localizan dentro de los límites de la colonia El Salitre.

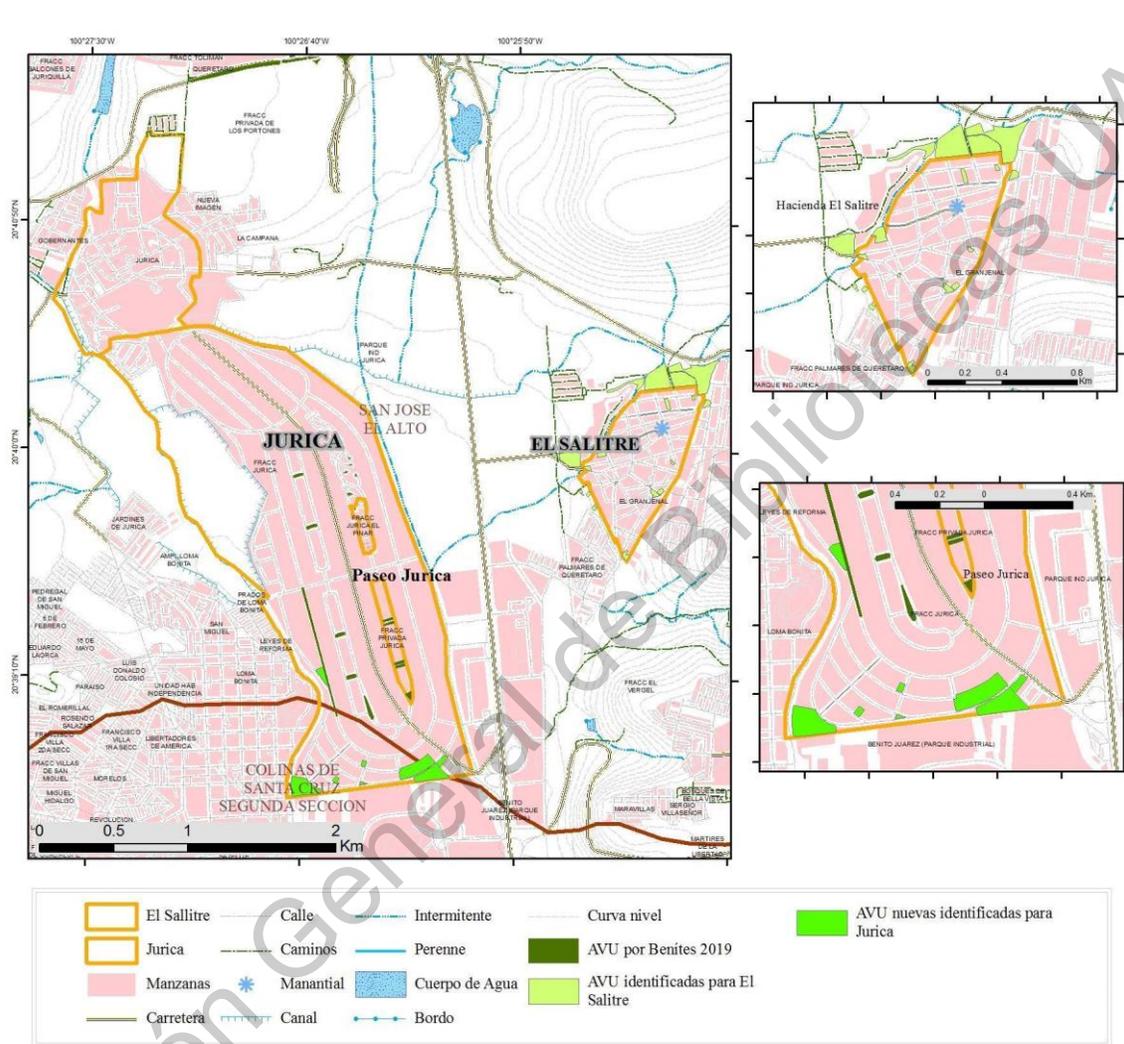


Figura 6. Identificación y digitalización de AVU dentro de los límites de la colonia Jurica.

Fuente: Actualización elaborada respecto a Benítez (2019) y Plan Municipal de Desarrollo (Gobierno del Municipio de Querétaro, 2018).

Tabla 6. Superficie de AVU complementaria trabajos previos

Colonia El Salitre		Colonia Jurica
--------------------	--	----------------

No.	M <sup>2</sup> de AVU	Categoría	No.	M <sup>2</sup> de AVU	Categoría
1	89.79	Glorieta	1	15049.67	Baldío
2	1689.49	Baldío	2	18196.36	Baldío
3	1095.17	Baldío	3	2864.65	Baldío
4	207.85	Área verde-destinada	4	471.73	Glorieta
5	1640.78	Baldío	5	116.42	Camellón
6	1158.12	Camellón	6	18519.45	Baldío
7	332.71	Camellón	7	1250.90	Baldío
8	447.97	Camellón	8	4218.80	Baldío
9	448.40	Área verde-destinada	9	1078.97	Baldío
10	4548.63	Baldío	10	138.88	Camellón
11	1055.47	Baldío	11	90.37	Camellón
12	12961.98	Cancha sintética	12	103.21	Camellón
13	28323.59	Baldío	Total	62099.47	
14	13629.96	Cancha de tierra			
15	21551.26	Baldío			
16	6432.07	Baldío			
17	103.82	Camellón			
18	222.07	Camellón			
19	58.42	Camellón			
20	120.77	Camellón			
21	206.08	Camellón			
22	1740.50	Baldío			
23	1812.17	Baldío			
24	520.45	Baldío			
25	375.72	Baldío			
26	166.17	Baldío			
27	670.37	Baldío			
28	808.29	Baldío			
29	541.14	Baldío			
Total	102959.39				

Fuente: Actualización elaborada respecto a Benítez (2019) y Plan Municipal de Desarrollo (Gobierno del Municipio de Querétaro, 2018).

#### 4.4. Condición socio-residencial en las colonias urbanas Jurica y El Salitre

El índice socio-residencial se obtuvo al correlacionar las tasas propuestas en el apartado de métodos y herramientas, al tiempo que se eliminó la tasa de “hogares con pisos de tierra”, ya que no contribuía de manera importante para la realización del índice. Así, la figura 7 muestra como la gran mayoría de las variables se encuentran entre las tres primeras componentes, lo que indica una importante correlación.

De lo anterior, los factores económicos tuvieron una varianza de 0.981, por lo tanto, con este resultado se observó que la mayoría de los habitantes en los estudios de casos se encuentran en hogares con características apropiadas, es decir, no se



(a)	Tasa de dependencia demográfica.	0.724
(b)	Tasa de población infantil.	0.873
(c)	Tasa de población mayor a 65 años.	0.738
(d)	Tasa de población desocupada	0.250
(e)	Tasa de instrucción insuficiente.	0.631
(f)	Tasa de población con derechohabiencia a servicios de salud.	0.826
(g)	Hogares particulares con dos cuartos.	0.489
(h)	Hogares particulares que disponen de luz eléctrica.	0.939
(i)	Hogares particulares que disponen de agua entubada en el ámbito del hogar.	0.797
(j)	Hogares particulares habitados que disponen de drenaje.	0.907
(k)	Hogares particulares que disponen de computadora.	0.801
(l)	Hogares particulares que disponen de teléfono fijo.	0.828
(m)	Hogares particulares habitados que disponen de lavadora.	0.849
(n)	Hogares particulares habitados que disponen de refrigerador.	0.911

Fuente: Elaborado con información censal del INEGI (2010).

Por otro lado, la figura 8 confirma la afirmación anterior, ya que en general se podría concluir que la ciudad de Querétaro tiene un nivel socio residencial medio, es decir, si bien se denota la presencia de sectores con niveles muy bajos y altos, la accesibilidad y tendencia a equilibrarse es significativa, especialmente conforme existe distanciamiento con el centro. Cabe decir que las colonias colindan entre sí y las separa una avenida, situación que se manifiesta en una divisoria socioeconómica. En la colonia Jurica, el nivel socio-residencial es alto, las casas, las calles, los drenajes entre otras características se ven con mayor inversión económica y obedece a una estrategia urbana. Por otro lado, en la colonia El Salitre se observa un contraste importante respecto a Jurica, ya que se observa un paisaje de recursos económicos limitados, asociada al nivel socio-residencial medio determinado, y con algunas zonas con niveles muy bajos, por lo mismo se evidencia en la estructura e infraestructuras de las casas, las calles y los drenajes, pues se encuentran con una calidad significativamente menor que Jurica. Otro indicador que refleja diferencias entre esas colonias es la cantidad y distribución de áreas verdes urbanas, pues en Jurica existe mayor cantidad, mientras que en El Salitre sobresalen los baldíos.

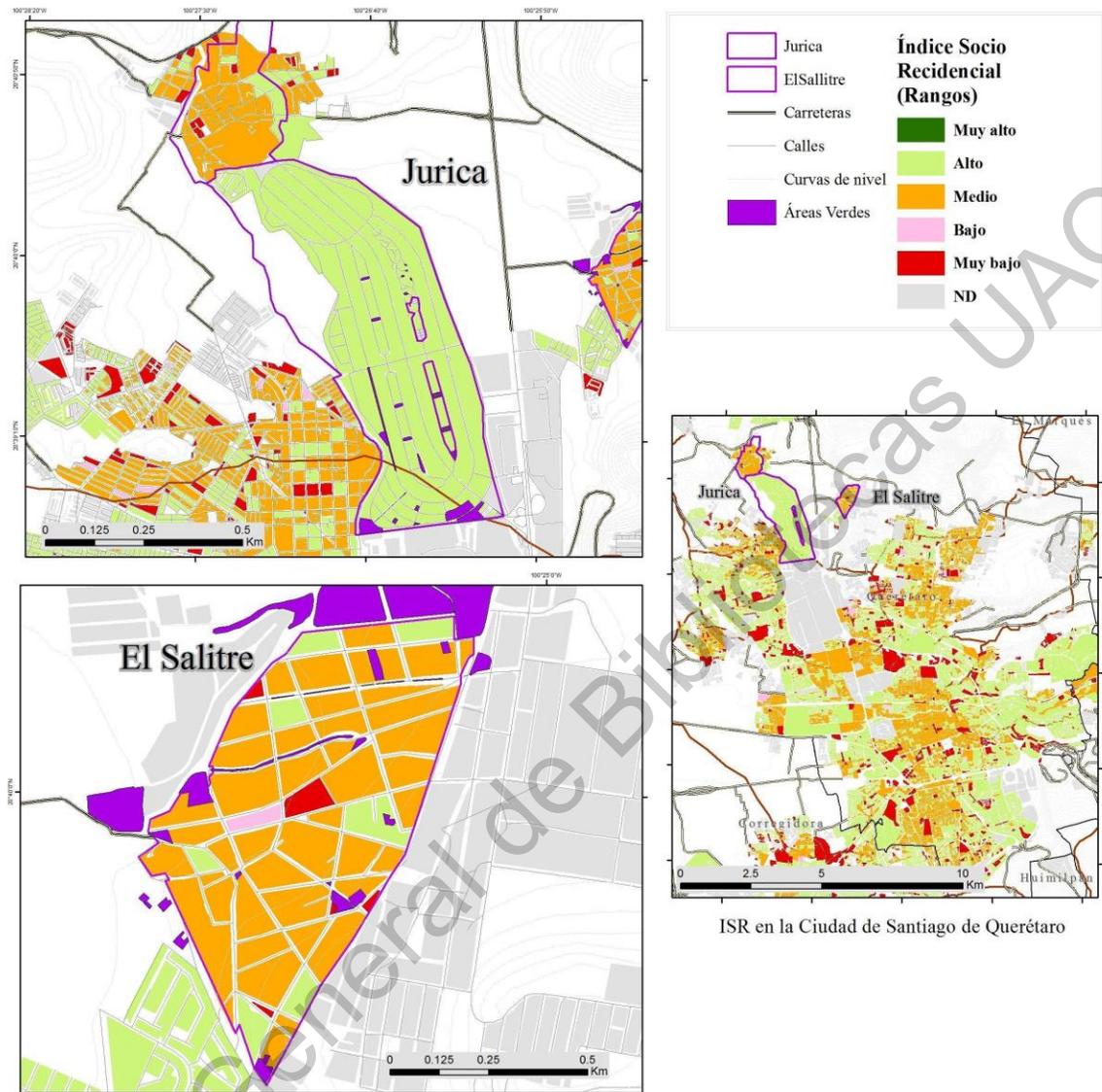


Figura 8. Índice Socio-residencial de las colonias Jurica y El Salitre.

Fuente: Elaboración con información censal de INEGI (2010).

#### 4.5. Evaluación de elementos peligrosos y amenazados

En el caso de Jurica, colonia de nivel socio-residencial alto, destaca la poca o nula presencia de establecimientos comerciales de algún tipo dentro de sus límites resulta ser un foco de amenaza hacia las naves industriales localizadas hacia el sur y al este, donde

se ubican el Parque industrial Benito Juárez y Jurica respectivamente, es decir, los polígonos marcados con 500 m (Figura 9) a la redonda para la colonia como zonas susceptibles a inundables no solo afectan a la colonia y sus habitantes en particular, si no también lo que se encuentra a su alrededor, fuentes de trabajo y sustento de ingresos familiares.

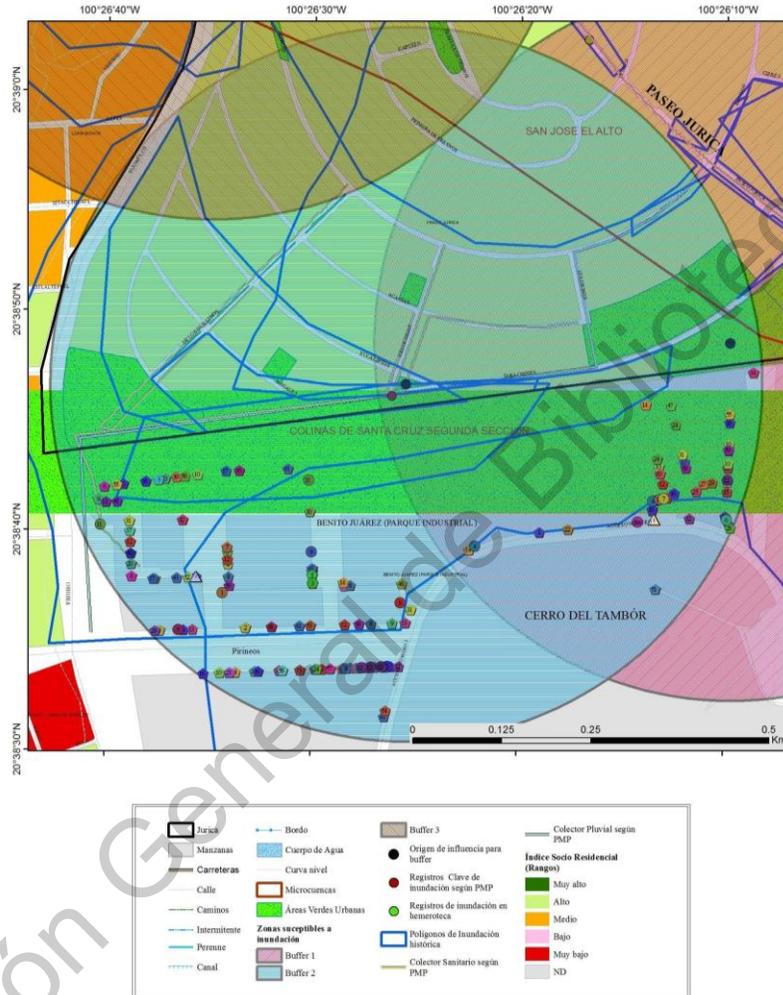


Figura 9. Áreas susceptibles a inundación y sectores económicos.

Fuente: Elaborado con información censal de INEGI (2010).

El nivel socio-residencial de esta colonia puede encontrarse en una categoría alta pero el riesgo no es menos importante, pues al ser un fenómeno recurrente deteriora la infraestructura de sus propiedades, representando un riesgo de derrumbe (Figura 10) entre otros, donde las pérdidas son más evidentes y recurrentes de no encontrarse una solución.



Figura 10. Muro con grietas y humedad en la Colonia Jurica.

Fuente: Fotografías de las autoras, julio 2019.

Por otro lado, en la colonia El Salitre, los objetos amenazados varían entre viviendas habitadas y comercios familiares enfocados principalmente en el segundo sector económico. El nivel socio residencial varía entre los niveles media, bajo y muy bajo (Figura 11), esta información es representativa al hablar de esta colonia, ya que en el temporal de lluvias los habitantes se encuentran vulnerables no solo ante sus viviendas autoconstruidas, sino también por sus fuentes de trabajo y toda la dinámica alrededor de eso, lo que influye en su capacidad de respuesta improvisada hacia estos acontecimientos anuales.

A diferencia de una colonia con un nivel socio residencial alto, en El salitre existe mayor presencia de comercio local, el cual mantiene a familias completas, y, por ende, los daños por inundaciones pueden representar pérdidas económicas de mayor importancia. Por ello los habitantes han adaptado sus viviendas de acuerdo con las recurrentes afectaciones por inundaciones que han experimentado durante años, esto traduciéndose en construcción de hogares elevados que va conforme al terreno donde se encuentra la casa (Figura 12).

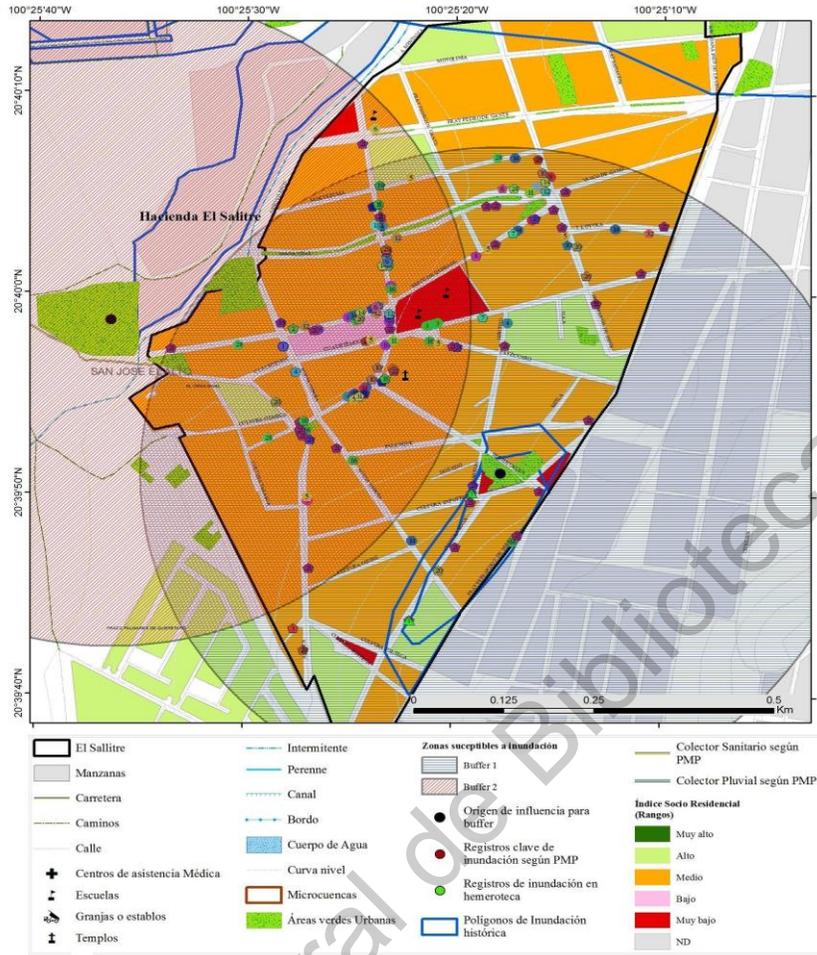


Figura 11. Áreas susceptibles a inundación y sectores económicos, El Salitre.

Fuente: Elaborado con información censal de INEGI (2010)

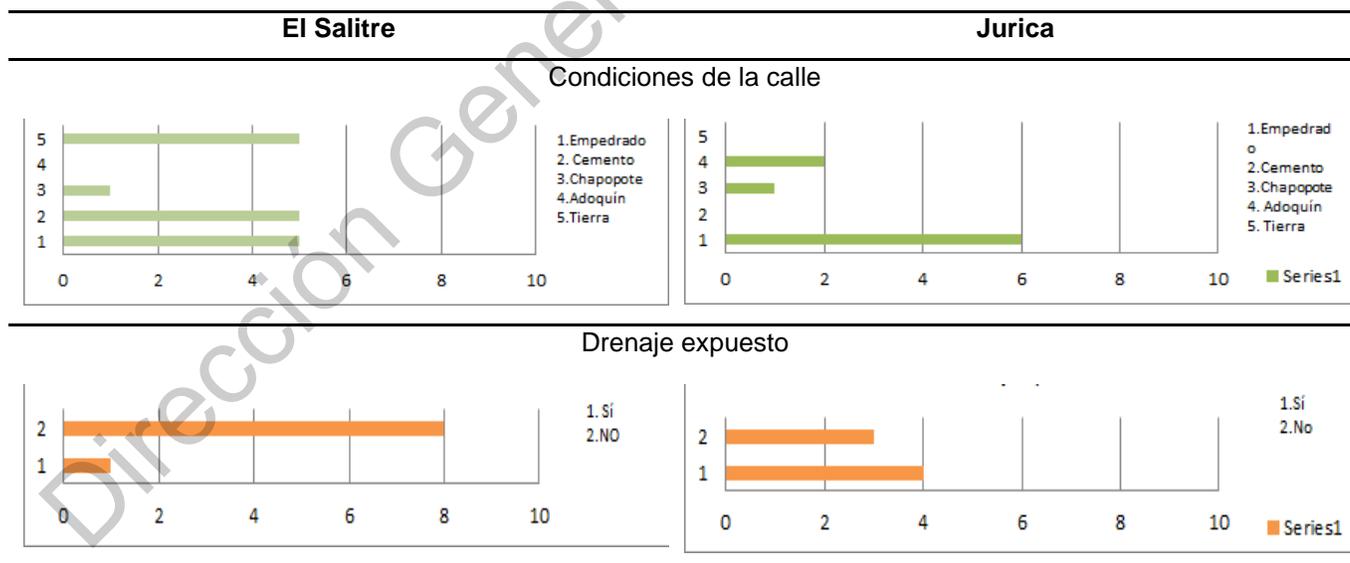


Figura 12. Vivienda con elevación en la colonia El Salitre.

Fuente: Fotografías de las autoras, julio 2019.

Por otro lado, la ficha de campo muestra las características de la infraestructura pública en ambas colonias, en ese sentido la figura 13 evidencia las condiciones que podrían ser favorables o no para la ocurrencia a inundaciones que se presentan año con año. Un ejemplo de ello es la deficiente exposición de coladeras y bocas de tormenta observadas en los casos de estudio. Para la colonia El Salitre la presencia de coladeras y bocas de tormenta es casi nula en todos los puntos seleccionados, información que ya se esperaba previamente debido a la información recolectada con anterioridad. Se evidenció una boca de tormenta al principio de la colonia, sin embargo, esta se encontraba en pésimas condiciones por la presencia de basura que estropeaba el correcto funcionamiento de ésta.

Para el caso de la colonia Jurica, se observó que las coladeras expuestas eran mucho más comunes que el caso del Salitre, así se observó un par de bocas de tormenta al servicio de la comunidad, pero no solo era claro la necesidad de mantenimiento de algunas de ellas para ser destapadas (Figura 13), sino que también era indiscutible que éstas no cumplían su funcionalidad ya que la colonia seguía viviendo la problemática de inundaciones y la pérdida de inmuebles.



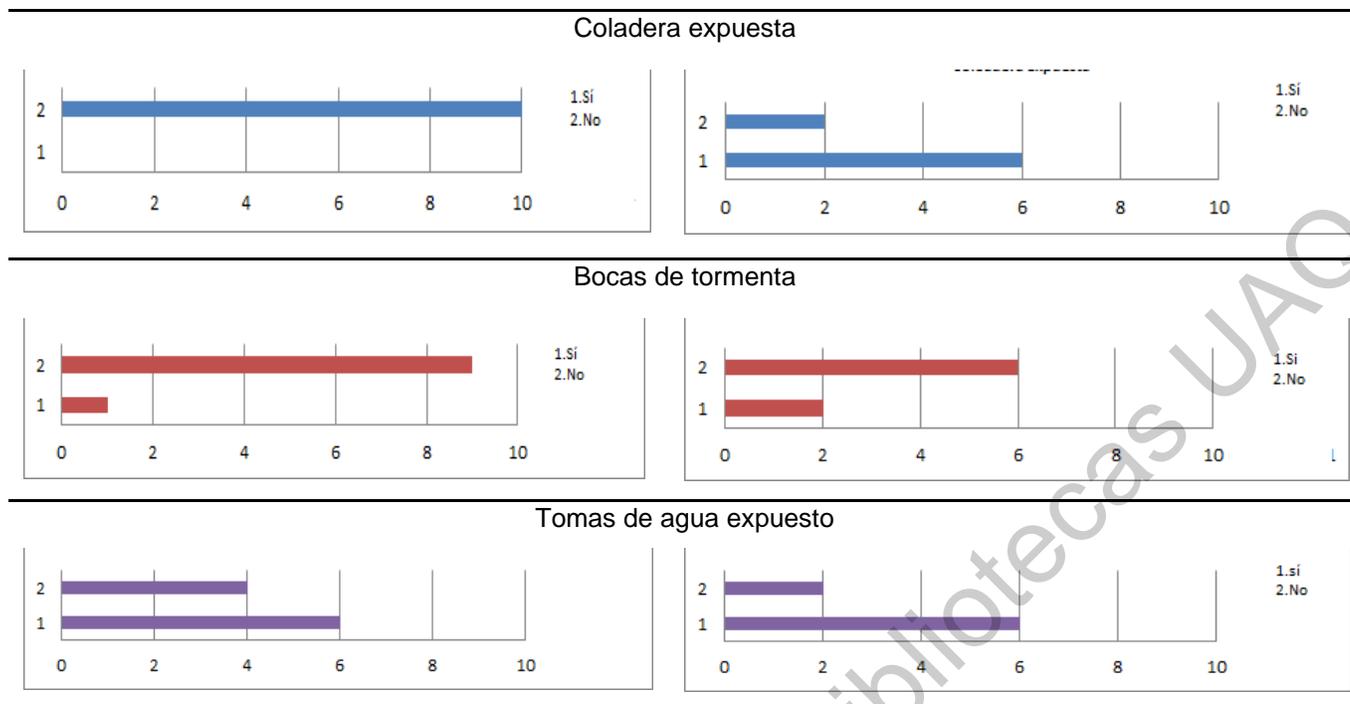


Figura 13. Resultados de generales de infraestructura hidráulica y cobertura de calles.

Fuente: Elaboración con la ficha de campo levantada en los estudios de caso.

La condición de las calles con respecto al recubrimiento de las mismas es una variante importante para entender la velocidad de las avenidas torrenciales; puesto que el agua puede infiltrarse con facilidad en un suelo empedrado que en un suelo con asfalto. Se observó que Jurica tiene un patrón para toda la zona residencial con calles empedradas siendo una característica favorable, mientras que El Salitre contiene una diversidad de recubrimientos presentando parches en algunos sitios de distintos recubrimientos y sin patrón visible (Figura 14, a y b).

Ahora bien, para la infraestructura de las viviendas se observó que en su mayoría las casas de la colonia El Salitre son de autoconstrucción, incluyendo en todas sus propios medios de desagüe de agua pluvial, ya sea en los techos de estas o al ras de suelo para el agua que se llega a colar en su interior, y que además en muchas de ellas se considera la elevación de las casas, en su construcción como una característica necesaria lo anterior, producto de lo observado en la aplicación de ficha en los puntos dentro de las colonias (Figura 14, c y d), para el caso de Jurica siendo en su gran parte zona residencial las casa llevaron a cabo un plan donde el desagüe propio es presente

sin embargo no se alcanza a ver una elevación visible y los muros que rodean las casas presentan grietas y humedad.

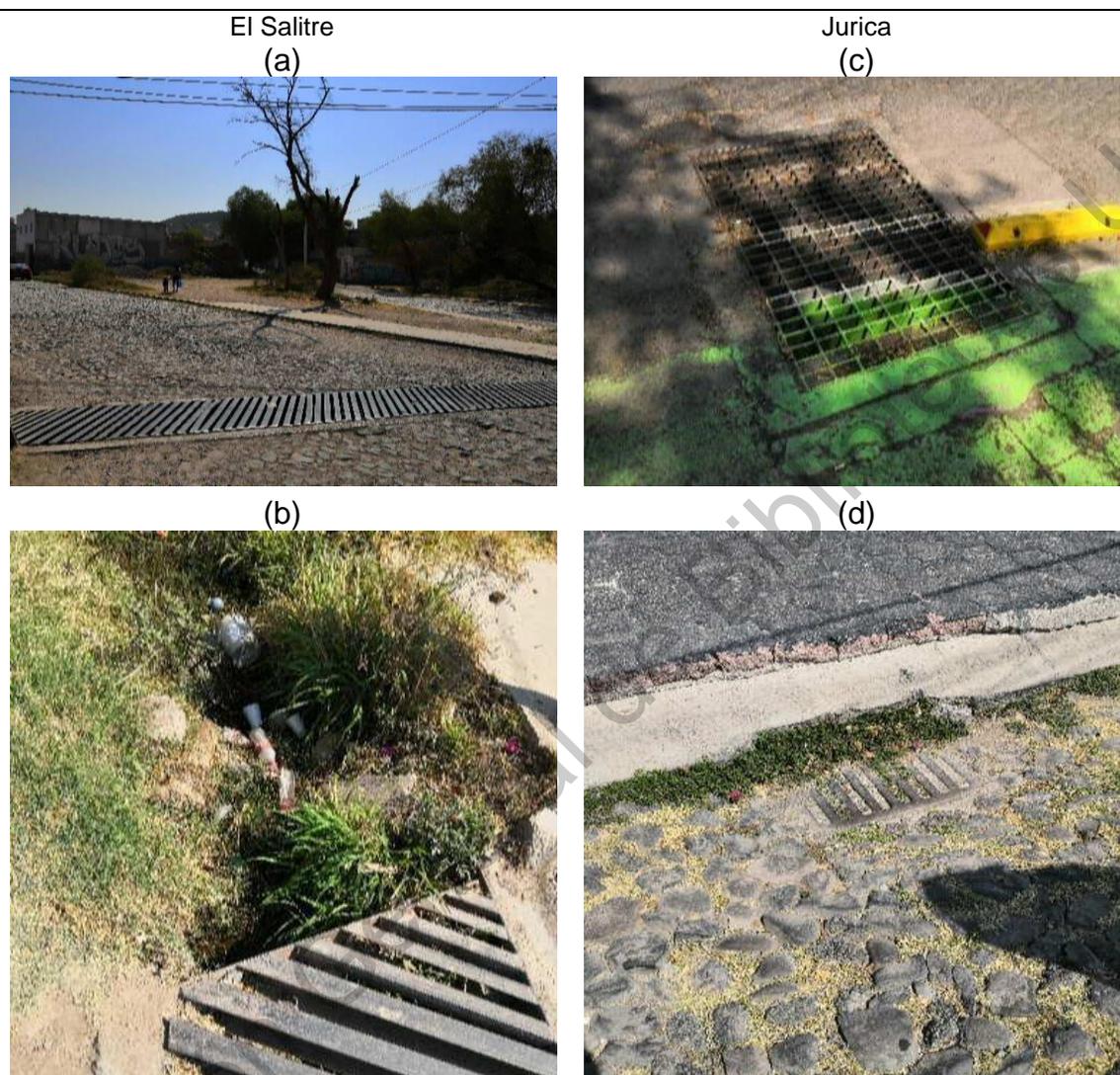


Figura 14. Ejemplo de alcantarillas en las colonias de Jurica y El Salitre.

Fuente: Fotografías tomadas por las autoras, julio 2019.

#### **4.5.1 Daños posibles generados por las inundaciones**

La humedad es una de las evidencias en los muros de las casas dentro de las zonas inundables. En la figura 15 se muestra que el daño es presente durante todo el año persisten los problemas; como en El Salitre que de acuerdo a las medidas tomadas de

casas observadas con esta condición la línea de humedad va desde los 18 cm hasta los 50 cm (Figura 15, e, f y g). En comparación a Jurica (Figura 15, h, i y j) que la línea sube 20 cm con un rango entre 18 cm y 70 cm en algunos casos.



Figura 15. Afectaciones a causa de las inundaciones en la colonia Jurica y El Salitre.

Fuente: Fotografías tomadas por las autoras, julio 2019.

De lo anterior, si la banquetta se encontraba levantada, o en su caso, si había presencia de ella se contaba como una característica evidente para cada colonia ya que indicaba la cantidad de humedad que había en las calles y el mantenimiento que le daban. En el caso del El Salitre la banquetta no se encontraba levantada, pero existían calles en las que solo había tramos de ella o no había presencia de esta. Para Jurica hubo más observaciones y por ende anotaciones donde se muestra que la banquetta estaba alrededor de toda la colonia, sin embargo, gran parte de ella estaba cuarteada o levantada.

#### **4.5.2. Condiciones cercanas al Dren**

Hacia la entrada de El Salitre por la calle vasco de Quiroga se encuentra un angosto canal, el cual no tiene una construcción destinada como tal y no se muestra en el mapa como un canal establecido (Figura 16, k), pero es muy parecido al trazado del escurrimiento intermitente. Este es solo es una excavación con talud a sus lados en toda su extensión, la distancia del canal y el establecimiento de las viviendas (la entrada hacia la colonia), es de 1.5 a 2 metros del lado izquierdo (Figura 16, l).

La existencia de basura como *pet* y unicel es evidente dentro de este dren y a pesar de ello, no expide un olor repelente. En el agua estancada no hay presencia de insectos. Hacia el noreste de la colonia, en sus límites sobre la calle Fray Servando Teresa de Mier se forma otro canal con menor extensión, sin embargo, causa afectaciones en las casas más próximas, a unos escasos 5-10 m de distancia. Al igual que, el recorrido del manantial que se encuentra en la calle con el mismo nombre, la distancia que hay entre las casas y el manantial es de un aproximado entre 4 a 5 metros (Figura 16, m).

Por otro lado, al este de la colonia Jurica y a lo largo de su extensión hay un dren. La distancia de este a viviendas es de 3 a 4 metros. En comparación el dren semi-construido en El Salitre, es un dren construido con paredes de cemento e infraestructura aparentemente apropiada, pero este expide un olor fuerte a pesar de la poca o nula agua estancada (Figura 16, n). Hacia el límite oeste de la colonia, se encuentra un canal muy pequeño y próximo a los muros de las viviendas hacia Jurica con un aproximado de 1 a 2 m (Figura 16, p).

De manera general, lo que trata de indicar la figura 15 son las propuestas de estas zonas prioritarias de acuerdo a los resultados de cada etapa. Cabe destacar, que se incluye las áreas verdes identificadas en exploraciones de campo y digitalizadas satelitales.

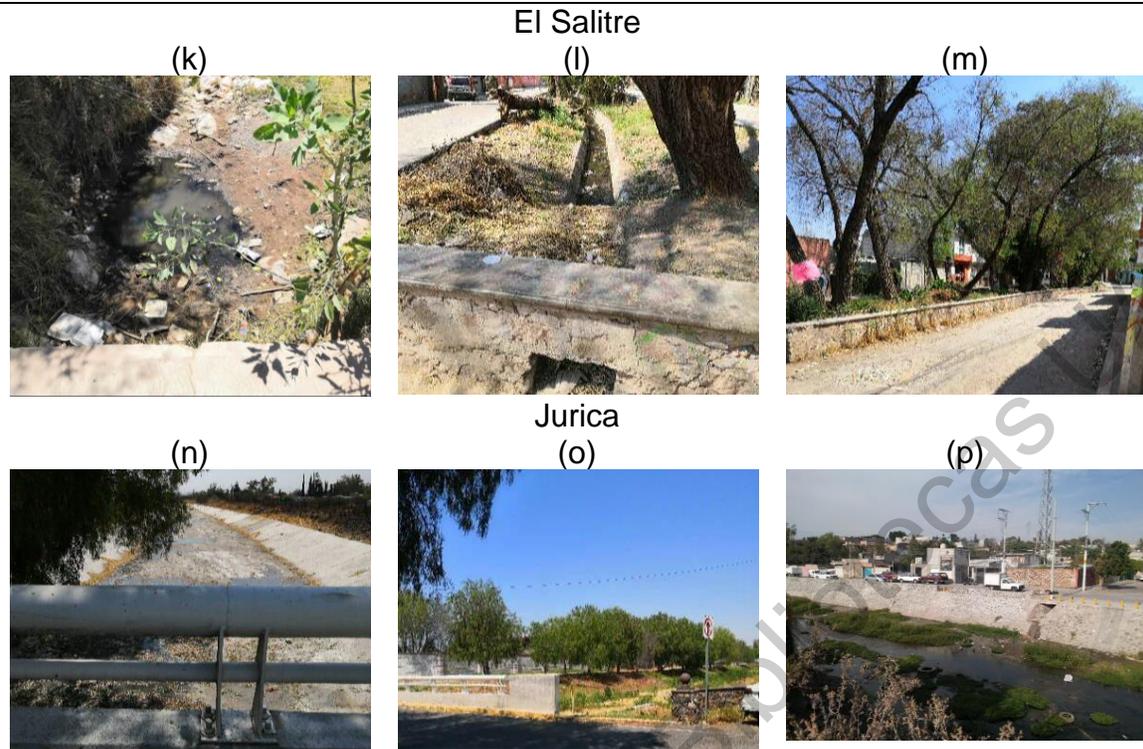


Figura 16. Afectaciones a causa de las inundaciones en las colonias Jurica y El Salitre.

Fuente: Fotografías tomadas por las autoras, julio 2019.

#### 4.7. Propuesta para la adaptación de áreas verdes urbanas para mitigar el impacto de inundaciones.

Se propone para El Salitre dos terrenos baldíos ubicados hacia el este de la colonia, zona que se indica como área de inundación, pues este reúne las características para ser un área prioritaria y con posibilidad a modificación. En estas dos áreas verdes (baldíos) se encuentran dos saltos de altura muy interesantes, que si se modifica de manera correcta puede disminuir la velocidad y detener parte del escurrimiento por precipitación.

La zona presenta un rango socio-residencial medio a muy bajo, característica que debe tomarse en cuenta, pues estas áreas además de prestar la funcionalidad de interés para la absorción de agua deben cumplir con sus funcionalidades originales de recreación. Ahora bien, hacia la entrada de la colonia se encuentra un polígono identificado históricamente de inundación, y una corriente intermitente que las cruza, a

la vez se identificaron tres áreas verdes y dos baldíos, una establecida para la recreación con una cancha sintética, la cual podría modificarse para la mitigación de inundaciones sin dejar de ser un área de esparcimiento.

Por otro lado, Jurica muestra zonas mayores de inundación, estos sectores abarcan un territorio mayor de la colonia, con un aproximado del 33.6 % del territorio que presenta problemas de inundación graves. Los mapas que se desarrollaron en las etapas anteriores muestran posibles áreas verdes urbanas donde con mayor facilidad, se podrá adaptar para la mitigación de inundaciones. Estas AVU se encuentran al sur del polígono de la colonia, donde los mayores afectados son las viviendas y un centro comercial que se encuentra al sureste de Jurica.

Así, Jurica cuenta con características sobresalientes para la investigación, ya que cuenta con tres áreas adaptables. La primera se encuentra al principio de la colonia y es un terreno desocupado, tiene un potencial para crear un espacio funcional con una mecánica específica para la extracción de agua pluvial previamente tratada; al igual se busca mantener una estética del lugar durante el año. La segunda área modificable se encuentra en un punto clave para esta investigación, esta zona es donde las aguas pluviales y las aguas negras se juntan. Está AVU es una glorieta que los habitantes no la utilizan como recreacional, así que se propone hacerlo con una gama educativa para invitar no solo a los habitantes de la colonia sino a la academia para que puedan mostrar las actividades. La tercera área se encuentra en un baldío, es sin duda la más importante del proyecto, ya que es la más próxima al dren Jurica y se pretende que sea el amortiguamiento de las precipitaciones fuertes que favorecen las inundaciones en la zona.

Ahora bien, recolectando los datos de las etapas previas, se logró deducir que la funcionalidad de las AVU en la colonia Jurica, no son utilizadas para la recreación debido a que las viviendas de la colonia contienen grandes jardineras, sino que funcionan para la estética del paisaje, lo que facilita la modificación y adaptación de dichas zonas. Es por eso que el piloto del proyecto se realizaría en esta colonia, ya que cuenta con facilidades, tanto de espacio público como de nivel adquisitivo de la población, al igual que sostiene una sociedad organizada de colonos por lo que es más fácil escuchar las propuestas y demandas de los habitantes.

#### **4.7.1. Propuesta para la adaptación de las AVU en la colonia Jurica**

El primer plano muestra una propuesta para el baldío de ámbito urbano que se encuentra en la esquina entre las calles Tabachines y paseo Jurica con una superficie total de terreno de 10,236.32m<sup>2</sup> (Figura 17) en el lote 10 localizado en el Fraccionamiento Jurica Campestre según el departamento de Infraestructura de Datos Espaciales Catastro de Querétaro (IDECATQ, s/f). Esta área va a tener una función principal y esta es la extracción de agua para evitar el desbordamiento de las demás áreas que serán parte de este ciclo.



Figura 17. Panorámica del área verde urbana (baldío) a ser modificada 1, colonia Jurica

Fuente: Fotografías tomadas por las autoras, julio 2019.

Habrán dos tuberías subterráneas que tendrán diferentes acciones. La primera tubería llevará el agua hacia la tercera área modificada para su almacenamiento. Mientras tanto, tendrán un proceso de purificación por etapas, la primera servirá para retirar escombros grandes que carga la lluvia de forma natural con una malla de un diámetro mayor. La segunda empezará a quitar escombros pequeños con una bolsa-malla, a esto se refiere a partículas como polvo o tierra de un granulado más pequeño. La tercera etapa será para la purificación del agua, este funcionamiento se realizará con minerales como el carbón activado que al dejar que actúe con la sustancia, esta se limpiará hasta que la calidad aumente y se pueda consumir para usos múltiples. La segunda tubería será desde la tercera área hasta esta (primera), y su función será similar a una llave de paso, ayudará a traer el agua purificada, y podrán ingresar camiones con cisterna (pipas) para extraer agua.

Habrán un lago con espejo de agua todo el año y un puente que atravesará este estanque, también habrá un cuadro de vegetación humedal que ayudará a la mitigación de cualquier eventualidad con lluvia atípica y se respetará la formación de árboles

naturales que ya existen en el terreno, estos elementos serán para mantener la estética del lugar. Al igual que otros componentes como mesas con techos de arbusto, anfiteatro con fines positivos para reuniones de los colonos o para fines educativos, un gimnasio al aire libre, una pista para correr con cemento sustentable (línea azul) y un canal que servirá como tercera medida de amortiguamiento para inundaciones (línea roja); inmobiliario que atribuye un valor agregado y atracción en cuanto a funcionamiento y estética que invita al uso. Se pretende construir una caseta de vigilancia para salvaguardar los bienes del lugar y la estética visual, y para tener un control sobre las pipas entrando y saliendo del lugar (Figura 18).



Figura 18. Área verde urbana modificada 1, colonia Jurica.

Fuente: Elaboración con los programas de *ArcMap* y *Corel Draw*.

La segunda área es representada por un circuito con dimensiones menores a las dos áreas verdes que serán utilizadas en las otras etapas del proyecto. La AVU tiene como función ser una glorieta en forma triangular y tiene la particularidad del cruce de aguas pluviales con el colector sanitario, por lo cual, expide un olor fuerte lo que causa un aislamiento de los colonos en el área (Figura 19).



Figura 19. Área verde urbana identificada para ser modificada 2, colonia Jurica.

Fuente: Fotografías tomadas por las autoras, julio 2019.

Se propone que, debido a las dimensiones pequeñas, esta zona sea exclusiva a la información del ciclo que se pretende, es decir, que su función sea meramente informativa. Ahora bien, también tendrá dos tuberías subterráneas, una se encargará de la extracción de agua del área tres a la primera, la otra tubería se encargará de llevar el agua pluvial de la zona sur de la colonia al área tres y así evitar inundaciones y por ende congestión vehicular.

También se reitera la importancia de separar la tubería original donde hay esta combinación de aguas, para retirar el mal olor de la zona e invitar a los colonos a leer las pancartas informativas que estarán expuestas en la zona. Se mantendrá la vegetación original como se observa en el plano y se propone adoquinar el resto del suelo, para que el circuito se sostenga sin mayor mantenimiento (Figura 20).



Figura 20. Área verde urbana modificada 2, colonia Jurica.

Fuente: Elaboración con los programas de *ArcMap* y *Corel Draw*.

La tercera área es la más importante de este ciclo, ya que más allá de la atracción visual que tendrá para los colonos, contendrá una mecánica con varias etapas de amortiguamiento para evitar desbordamiento del agua y que este evento perjudique a los habitantes de la colonia (Figura 21).

La localización de este baldío con una superficie total de 27,342.61m<sup>2</sup> y de ámbito urbano se encuentra en el Fraccionamiento Jurica Campestre, lote 41-B Y24, con una superficie total de 18,121.59m<sup>2</sup>; lote 24, con una superficie total de terreno de 9,221.02 m<sup>2</sup> (IDECATQ, s/f).

En este plano tenemos tres tuberías, las dos tuberías que tienen una flecha que apuntan al interior de la pileta tendrán una función de transportar el agua hacia ella, que de otra manera se almacenaría en las calles de la colonia. Con esto, se evitarán las inundaciones, los daños a bienes y las congestiones vehiculares que se crean por este fenómeno. Las tuberías tendrán el mismo método de purificación de agua como se estableció en la primera área modificada. La flecha que indica hacia el otro lado del depósito servirá para extraer el agua de este sitio y llevarla hacia la primera AVU donde

tendrá la funcionalidad de extracción, así mantenemos el agua en constante movimiento y evitamos el desbordamiento incontrolable.



Figura 21. Panorámica del área verde urbana a ser modificada 3, colonia Jurica.

Fuente: Fotografías tomadas por las autoras, julio 2019.

Habrán canales en forma de zig-zag (líneas rojas) que servirán de amortiguamiento, por si la pileta no fuera suficiente para detener el agua, durante una lluvia atípica. Estos canales desembocan en el dren Jurica (Figura 22). Además, el lugar de depósito tendrá una función importante ya que se cuenta con que no tenga agua todo el año, lo que indica que necesita otra función para atraer a los colonos, por esta razón se estableció la creación de una pista de skateboard en los meses de sequía esta será construida en toda la zona que se marca de azul en el plano. También habrá una zona de vegetación nativa para no interrumpir el paisaje natural de Querétaro, sin embargo, serán plantas con alta absorción y retención de líquidos, tales como: "*Silene laciniata* Cav" nombre común: Clavel del monte, "*Plumbago pulchella* Bois" nombres comunes: Hierba del alacrán, entre otra vegetación natal.

Sin embargo, en la medida de lo posible se sugiere evitar plantas que presenten espinas, con la finalidad de evitar accidentes, o en su caso que sea controlado. Se recomienda enriquecer el espacio para formar un mezquital y aprovechar la vegetación original.

Se pretende construir una pista de correr con cemento sustentable como se propone en la primera AVU. También se formula la creación de una cancha de frontón ya que está acorde con las edades de la mayor parte de los habitantes de la colonia. Habrá un área de gimnasio al aire libre y una zona de juegos infantiles y actividades

educativas, es decir, tendrá una temática de la vía láctea para que los infantes jueguen y aprendan de un planeta en específico. Se construirán mesas con arbustos de techo y se plantea que estas estén acompañadas de asadores incrustados en el suelo para promover el vínculo familiar.

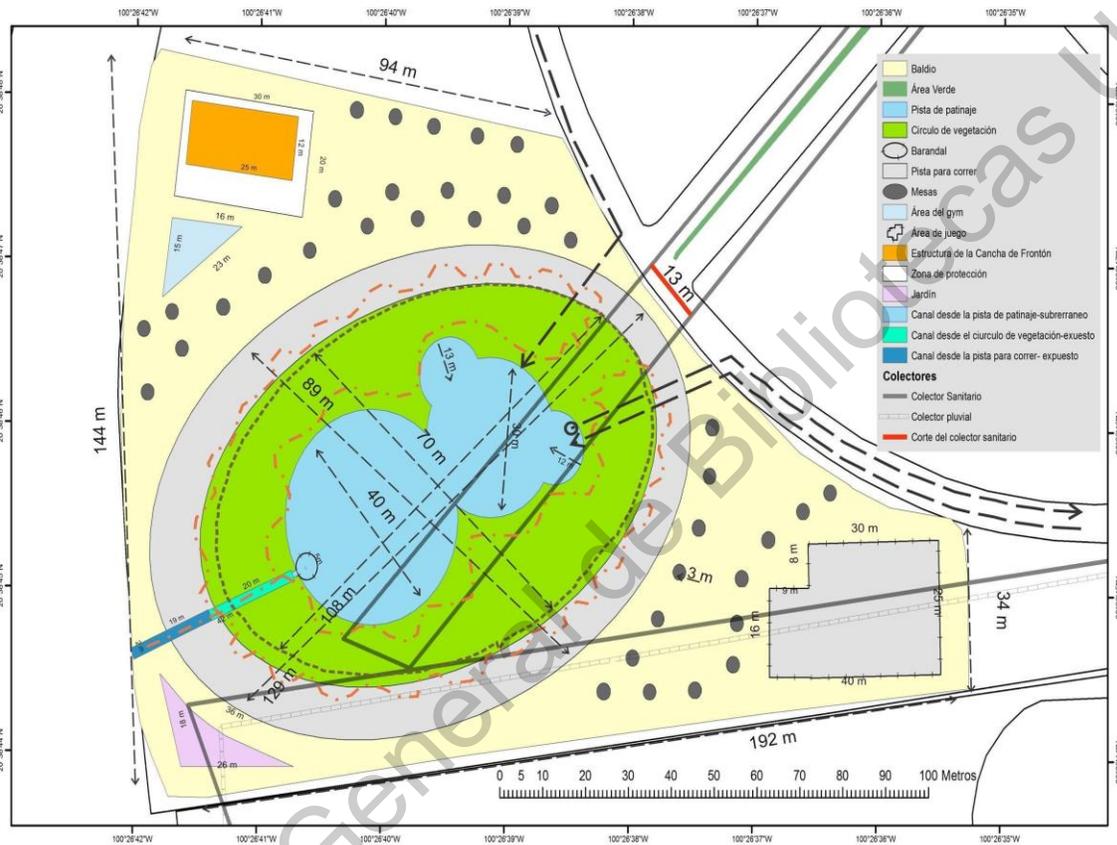


Figura 22. Área verde urbana modificada 3, colonia Jurica.

Fuente: Elaboración con los programas de *ArcMap* y *Corel Draw*.

## CONCLUSIONES

El trabajo cumple con el objetivo planteado de proponer la adaptación de áreas verdes urbanas para mitigar inundaciones, siendo la colonia Jurica el sitio predispuesto por las diferentes condiciones socioeconómicas, infraestructura y de escorrentía de agua señaladas en el documento. Además, debido que las inundaciones se suelen presentar

en el temporal de lluvias (mayo a octubre), la zona no siempre estaría anegada, por ello las áreas contarán con valor agregado, sea deportivo, educativo y recreacional. No obstante, también se concluye que es necesario seguir actualizando la información, a la vez de redefinir otras propuestas que acompañen al presente documento para que sean complementarias y tengan un mayor impacto en la mitigación o solución de las inundaciones.

Tal como se planteó en el documento, los estudios de caso son dos colonias que se encuentran en la misma zona separados por una avenida. Los dos sufren del mismo problema cada año y presentan niveles socio-residenciales muy distintos, esa divergencia se refleja en varios elementos de infraestructura urbana y de la respuesta que tienen los habitantes hacia el fenómeno socio-natural de las inundaciones. Por lo tanto, se identificó que las afectaciones en la colonia Jurica son a nivel residencial con tendencia a influir en los parques industriales contiguos, mientras que en la colonia El Salitre se presentan pérdidas que pueden representar una pérdida de patrimonio parcial o total de importancia para toda una familia. En este sentido, es que se realza la importancia de establecer sitios de control de inundaciones y mitigar el riesgo en eventos futuros.

Esta investigación invita al análisis multidisciplinario como el que ofrece una formación académica en Geografía Ambiental, ya que este proyecto tiene un enfoque social y biofísico al analizar ambas partes y concluir con una estrategia que beneficia y relaciona ambos elementos. Además, ambiciona al unir interés de educación básica con nivel superior, es decir, se espera que los productos del proyecto (áreas verdes urbanas modificadas) sean un espacio de educación ambiental, donde se refleje la dinámica funcional socio-natural y se encuentre un punto medio entre la dinámica urbana y la cultura ambiental de la población.

Al respecto, el aumento de la población sobre un modelo de alojamientos nuevos y desequilibrados, tienen como consecuencia una inequidad social mayor, ya que se presentan espacios altamente concentrados con deficientes accesos a servicios e infraestructura, a la vez de edificaciones desordenadas. Así, ante la disparidad entre infraestructura pluvial y nivel socio residencial para una estrategia de mitigación, es

importante considerar una imagen panorámica real del lugar donde se evalúen las multicausalidades que dan forma a la construcción del riesgo de inundaciones.

Respecto a lo anterior, el solo utilizar datos hidrometeorológicos o diseño de avenidas para la aplicación de proyectos sobre riesgo asociado con inundaciones, son esquemas importantes, pero no los únicos, pues si bien son variables necesarias, existen otras de manera transversal y con mayor peso en la formación de los eventos, sea la cobertura del suelo impermeable o poco permeable, la edificación en sitios de acumulación hídrica o al margen de cauces superficiales, así como el planeamiento urbano desordenado y con planeación deficiente y las facilidades políticas y sociales para la adquisición de sitios en zonas de riesgo.

En los estudios de caso, al tiempo de observar las limitaciones en la infraestructura hidráulica, también se encontró la negligencia humana en el uso y manejo de cuerpos de agua y ríos, donde el aprovechamiento del territorio es más importante que las condiciones del mismo, o bien, de otras personas. Por lo mismo, la variable social moldea el territorio y es, a la hora de la toma de decisiones, la que suele aceptar o rechazar estrategias urbanas o de mitigación, sea directa o indirectamente.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Akan, O. y Houghtalen, R. (2003). *Urban hidrology, hydraulics and stormwater quality.*

*Engineering applications and computer modeling.* New Jersey: John Wiley & Sons.

Aparicio, F. (2005). *Fundamentos de hidrología superficial.* México: Editorial LIMUSA.

Arteaga I. (2005). De periferia a Ciudad consolidada. Estrategias para la Transformación de zonas urbanas marginales. *Bitácora*, 9 (1) 2005

Benítez, D. (2019). *Calidad ambiental, accesibilidad y funcionalidad de las áreas verdes urbanas en la periferia de la ciudad de Querétaro. Caso de estudio: Santa Rosa Jáuregui, Juriquilla y Jurica.* Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Querétaro. Santiago de Querétaro, Qro.

Camacho, C. (2017). Sufre Querétaro por afectaciones de lluvias y deja un muerto. *Periódico El Observador.* Recuperado de

<https://elobservadordequeretaro.com.mx/sufre-queretaro-por-afectaciones-de-lluvias-y-deja-un-muerto/>[Consulta: 10 septiembre 2017]

Campos, A. (1997). Procesos del ciclo hidrológico. San Luis Potosí: Editorial *Universitaria Potosina*.

Castro, S. (2005). Evaluación de un índice para valorar las áreas verdes urbanas: su aplicación y análisis en la localidad de Barrio Dent y Altos del Escalante con una perspectiva geográfica. *Reflexiones*, 84 (1).

De la Fuente, S. (2011). Análisis Componentes Principales. Universidad Autónoma de Madrid. Madrid, España.

Falcón, A. 2007. Espacios verdes para una ciudad sostenible. Barcelona, España: Editorial *Gustavo Gilli*.

Fideicomiso de riesgo compartido (FIRCO) (2016). Mapa de microcuencas de México. Información vectorial de microcuencas.

Flores-Xolocotzi, R. & González-Guillén, M. (2010). Planificación de sistemas de áreas verdes y parques públicos. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 1(1), 17-24.

Franco F. (2010) Respuestas y propuestas ante el riesgo de inundación de las ciudades colombianas. *Revista de ingeniería. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia*. Enero -Junio de 2010, pp. 97-108.

García-Estrada, L., y Hernández-Guerrero, J. (2015). Riesgo asociado a inundaciones: La capacidad de respuesta de los habitantes en la cabecera delegacional de Santa Rosa Jáuregui. *Revista Ciencia UAQ*, 3.

Göbel, Ch. (2015). Una visión alemana de los modelos de ciudad. El caso de Querétaro *Revista Gremium*, 8.

Gobierno del Municipio de Querétaro (2007). Plan Parcial de Desarrollo Urbano para la Delegación Epigmenio González, Versión abreviada, 2006-2009. Publicado en el *Diario Oficial de Querétaro*, 2256-2259. Recuperado de <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Estatal/QUERETARO/Municipios/Queretaro/2Plan.pdf>

Gobierno del Municipio de Querétaro. (2007). Plan Parcial de Desarrollo Urbano para la Delegación Félix Osoreo Sotomayor, Versión abreviada, 2006-2009. Publicado en el *Diario Oficial de Querétaro*, 2288-2290. Recuperado de

<http://www.ordenjuridico.gob.mx/Estatal/QUERETARO/Municipios/Queretaro/4PIan.pdf>

Guevara, J. (1987). *Métodos de Estimación y Ajuste de datos*, Caracas: Universidad Central de Venezuela.

H. Ayuntamiento de Querétaro. (2018). *Plan Municipal de Desarrollo Querétaro 2018-2021*. Querétaro, México. Recuperado de [https://municipiodequeretaro.gob.mx/wp-content/uploads/2019/07/PMD\\_MPIO\\_QRO\\_2018-2021\\_final\\_compressed.pdf](https://municipiodequeretaro.gob.mx/wp-content/uploads/2019/07/PMD_MPIO_QRO_2018-2021_final_compressed.pdf)

Hernández, G.J. (2006). *Identificación de zonas de inundación en la cuenca El Ahogado a partir de la variable de precipitación máxima en 24 h (1970-2001)*. Tesis de Licenciatura. Departamento de Geografía. Universidad de Guadalajara.

Hernández, G.J. y Vieyra, A. (2010). Riesgo por inundaciones en asentamientos precarios del periurbano. Morelia, una ciudad media mexicana. ¿El desastre nace o se hace? *Revista de Geografía Norte Grande*. núm.47, 2010, pp.45-62.

Hernández, G.J., y Vieyra, M.A. (2012). Adaptation strategies in communities under precarious housing: Flooding risks in the peri-urban sector of the city of Morelia, Michoacán, México. *Applied Geography* 34, 669-679.

Hernández-Guerrero, J.; Luna-Soría, H.; Navarrete-Carrillo, A. y Martínez-Romero, G. (2016). Expansión urbana y precariedad habitacional en el área urbana del municipio de Querétaro, México: 1980-2010. En: Vieyra, A., Méndez, Y. y Hernández-Guerrero, J. (Coordinadores), *Procesos urbanos, pobreza y ambiente. Implicaciones en ciudades medias y megaciudades*. (109-124), Morelia: UNAM-CIGA.

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. (IMTA) (2013). Eric III. versión 3.2 -extractor rápido de información climatológica. Recuperado: febrero 2019.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2010). *Censo de Población y Vivienda 2010. Censos y Conteos de Población y Vivienda*. Información digital. Aguascalientes México. Información digital, INEGI.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2015). *Conjunto de datos vectoriales de información topográfica escala 1:50 000 serie III*. F14C65

- (Querétaro). Aguascalientes: Información digital, INEGI, 2015. Recuperado de <http://www.beta.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825270896>,  
Último acceso 05 de abril 2019.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2016). Anuario Estadístico y Geográfico de Querétaro 2016. Aguascalientes: INEGI.
- Instituto Municipal de Planeación del Municipio de Querétaro (IMPLAN Querétaro) (2018). Q500, *Estrategia de Territorialización del Índice de Prosperidad Urbana en Querétaro*. Santiago de Querétaro, Qro., México: Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos, ONU-Habitat. Recuperado de <http://implanqueretaro.gob.mx/im/q500/5/1/Q500-Presentacion.pdf>
- Infraestructura de Datos Espaciales Catastro de Querétaro (IDECATQ) (s/f). Cédula Única Catastral y Registral, Recuperado en octubre 20 del 2019 de <http://catastro.queretaro.gob.mx/Qsig/?mun=14>
- Inventario Nacional de Viviendas (INV) (2016). Mapa de inventario INEGI. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/inv/>
- Martínez, M., Hernández, L., Pantoja, Y., Gómez, M., Bárcenas, R., Cabrera, A., (Coords), (2017). *Guía ilustrada de la flora del valle de Querétaro*. Universidad Autónoma de Querétaro. Santiago de Querétaro, México. Recuperado de <http://bioteca.biodiversidad.gob.mx/janium/Documentos/13302.pdf>
- Martínez, M., Fernández, D. y Salas, R. (2013). Hidrología aplicada a las pequeñas obras hidráulicas. México: SAGARPA.
- Morote, A.F. (2017). La desalinización. De recurso cuestionado a recurso necesario y estratégico durante situaciones de sequía para los abastecimientos en la Demarcación Hidrográfica del Segura. *Investigaciones Geográficas*, (70), 47-69. <https://doi.org/10.14198/INGEI2018.70.03>
- Ojeda, L., y Álvarez, G. (2000). La reforestación de Tijuana, Baja California como un mecanismo de reducción de riesgos naturales. *Estudios Fronterizos*, 1 (2), 9-31.
- Peña, A. (2017). *Estrategia de manejo para la mitigación del riesgo por inundaciones en la microcuenca San José El Alto, Querétaro*. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Autónoma de Querétaro. Santiago de Querétaro, Qro.

- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) (2003). *Identificación y evaluación de riesgos en una comunidad local. Centro de Actividades del Programa de Industria y Medio Ambiente. Manual de Identificación y evaluación de riesgos en una comunidad local.* México, D.F.: PNUMA
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) (2008). *Perspectivas del medio ambiente urbano. GEO Zona Metropolitana de Querétaro.* Querétaro, México, D.F.: PNUMA.
- Ríos, D. (2010). Urbanización de áreas inundables, mediación técnica y riesgo de desastre: una mirada crítica sobre sus relaciones. *Revista de Geografía Norte Grande.* Núm.47, 2010, pp. 27-43.
- Salvador, P. (2003). *La planificación verde en las ciudades.* Barcelona, España: Editorial Gustavo Gilli.
- Sociedad Geográfica de Lima. (2011). Cartilla técnica. Balance Hídrico superficial. Foro peruano para el agua. Lima, Perú. Examinado: 31 mayo 2019. [https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam\\_files/publicaciones/varios/balance\\_hidrico.pdf](https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/balance_hidrico.pdf)
- Suárez, C. (2016). *Espacios abiertos patrimoniales.* México, D.F.: Universidad Autónoma de México.
- Unidad de protección civil del Municipio de Querétaro. (2015). Atlas de Riesgos del Municipio de Querétaro 2015. Querétaro: Sistemas de información Geográfica y Medio Ambiente (SIGEMA). Recuperado de <http://72.14.184.134/municipio/archivos/trans/Atlas%20de%20Riesgos%20de%200Queretaro.pdf>
- Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ) (2009). Actualización del Plan Maestro Pluvial de la Zona Metropolitana de Querétaro (2008-2025). Santiago de Querétaro, México. Recuperado de [http://www.implanqueretaro.gob.mx/pdfproductos/plan\\_pluvial/Plan%20maestro%20pluvial%20completo.pdf](http://www.implanqueretaro.gob.mx/pdfproductos/plan_pluvial/Plan%20maestro%20pluvial%20completo.pdf)
- Vásquez, A.E. (2016). Infraestructura verde, servicios ecosistémicos y sus aportes para enfrentar el cambio climático en ciudades: el caso del corredor ribereño del río Mapocho en Santiago de Chile. *Revista de Geografía Norte Grande*, 63, 63-86.

## ANEXOS

### Anexo I. Balance hídrico para las estaciones climáticas de estudio

Resultados para el Balance Hídrico de la estación el Pueblito de 1977-2012

Fila		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sep.	Oct	Nov	Dic	Total
1	ETP	27.83	31.97	47.99	59.24	76.62	78.44	84.8	68.29	58.48	47.67	33.81	28.16	643.35
2	P	9.55	6.14	5.15	11.33	24.27	82.49	99.5	102.52	89.28	41.91	19.32	15.21	506.73
3	P-ETP	-18.28	-25.83	-42.83	-47.90	-52.35	4.06	14.7	34.23	30.80	-5.77	-14.49	-12.95	
4	Σd	-51.49	-77.32	-120.15	-168.06	-220.41	0.00	0.00	0.00	0.00	-5.77	-20.26	-33.21	
5	RU	37.75	26.75	15.11	7.98	3.97	75.00	75.0	75.00	75.00	69.45	57.24	48.17	
6	VRU	10.42	11.00	11.64	7.13	4.01	-71.03	0.00	0.00	0.00	5.55	12.20	9.08	
7	ETR	19.97	17.14	16.79	18.47	28.28	78.44	84.8	68.29	58.48	47.46	31.52	24.28	493.98
8	D	7.86	14.83	31.19	40.77	48.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	2.29	3.87	149.37
9	S	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-66.98	14.7	34.23	30.80	0.00	0.00	0.00	12.75

Resultados para el Balance Hídrico de la estación Carrillo de 1977-2012

Fila		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sep.	Oct	Nov	Dic	Total
1	ETP	29.96	31.96	47.54	54.78	64.96	63.22	63.89	61.36	53.29	46.69	37.79	31.83	587.27
2	P	6.33	7.68	4.90	15.17	34.13	84.80	108.62	109.44	96.26	30.13	8.10	3.66	509.22
3	P-ETP	-23.63	-24.28	-42.64	-39.61	-30.84	21.58	44.73	48.08	42.97	-16.56	-29.69	-28.17	
4	Σd	-98.05	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	-16.56	-46.25	-74.42	
5	RU	20.29	14.68	8.31	4.90	3.25	75.00	75.00	75.00	75.00	60.14	40.48	27.80	
6	VRU	7.51	5.61	6.37	3.41	1.65	-71.75	0.00	0.00	0.00	14.86	19.66	12.68	
7	ETR	13.85	13.29	11.27	18.58	35.78	63.22	63.89	61.36	53.29	44.99	27.76	16.34	423.61
8	D	16.12	18.67	36.27	36.20	29.18	0.00	0.00	0.00	0.00	1.70	10.03	15.50	163.66

9	S	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-50.17	44.73	48.08	42.97	0.00	0.00	0.00	85.60
---	---	------	------	------	------	------	--------	-------	-------	-------	------	------	------	-------

Resultados para el Balance Hídrico de la estación Juriquilla de 1977-2012

Fila		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sep.	Oct	Nov	Dic	Total
1	ETP	24.57	28.85	39.99	49.34	62.61	66.47	63.78	55.58	52.60	44.16	33.04	28.09	549.08
2	P	0.89	0.98	8.07	16.72	29.71	58.40	88.61	69.68	57.64	30.43	8.59	7.07	376.78
3	P-ETP	-23.68	-27.87	-31.92	-32.62	-32.90	-8.07	24.83	14.10	5.03	-13.73	-24.45	-21.02	
4	Σd	-82.89	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	-13.73	-38.18	-59.21	
5	RU	24.84	17.13	11.19	7.24	4.67	4.20	75.00	75.00	75.00	62.45	45.08	34.06	
6	VRU	9.22	7.71	5.94	3.95	2.57	0.48	-70.80	0.00	0.00	12.55	17.38	11.02	
7	ETR	10.11	8.69	14.01	20.67	32.28	58.88	63.78	55.58	52.60	42.98	25.97	18.08	403.62
8	D	14.46	20.16	25.99	28.67	30.32	7.59	0.00	0.00	0.00	1.18	7.08	10.00	145.46
9	S	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-45.97	14.10	5.03	0.00	0.00	0.00	-26.84

Resultados para el Balance Hídrico de la estación El Salitre de 1977-2012

Fila		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sep.	Oct	Nov	Dic	Total
1	ETP	39.46	39.87	50.05	54.53	64.36	59.63	59.92	58.96	54.01	53.06	45.68	45.17	624.72
2	P	6.20	5.00	5.20	12.80	25.90	32.10	62.00	35.90	43.30	22.70	14.20	5.00	270.30
3	P-ETP	-33.26	-34.87	-44.85	-41.73	-38.46	-27.53	2.08	-23.06	-10.71	-30.36	-31.48	-40.17	
4	Σd	-	-	-	-	-	-	0.00	-23.06	-33.77	-64.13	-95.62	-	
5	RU	7.87	4.95	2.72	1.56	0.93	0.65	75.00	55.15	47.81	31.89	20.96	12.27	
6	VRU	4.39	2.93	2.23	1.16	0.63	0.29	-74.35	19.85	7.34	15.91	10.93	8.69	
7	ETR	10.59	7.93	7.43	13.96	26.53	32.39	59.92	55.75	50.64	38.61	25.13	13.69	342.57
8	D	28.87	31.94	42.62	40.57	37.84	27.25	0.00	3.21	3.37	14.44	20.55	31.48	282.15
9	S	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-72.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-72.27

Resultados para el Balance Hídrico de la estación Querétaro de 1977-2012

Fila		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sep.	Oct	Nov	Dic	Total
1	ETP	36.85	39.23	58.91	77.57	94.25	90.12	83.99	80.16	69.75	60.37	45.87	40.20	777.29
2	P	16.00	16.60	4.10	13.30	38.70	80.20	134.90	86.60	83.30	34.70	8.20	9.10	525.70
3	P-ETP	-20.85	-22.63	-54.81	-64.27	-55.55	-9.92	50.91	6.44	13.55	-25.67	-37.67	-31.10	
4	Σd	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	-25.67	-63.34	-94.44	
5	RU	16.12	11.92	5.74	2.44	1.16	1.02	75.00	75.00	75.00	53.26	32.23	21.29	
6	VRU	5.17	4.20	6.18	3.30	1.28	0.14	-73.98	0.00	0.00	21.74	21.03	10.94	
7	ETR	21.17	20.80	10.28	16.60	39.98	80.34	83.99	80.16	69.75	56.44	29.23	20.04	528.79
8	D	15.69	18.43	48.63	60.96	54.28	9.78	0.00	0.00	0.00	3.93	16.64	20.16	248.50
9	S	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-23.07	6.44	13.55	0.00	0.00	0.00	-3.09

Resultados para el Balance Hídrico de la estación Pathé de 1977-2012

Fila		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sep.	Oct	Nov	Dic	Total
1	ETP	18.31	21.14	46.27	64.92	87.72	96.66	93.82	84.45	73.44	49.80	29.67	23.48	689.69
2	P	13.70	3.50	6.60	21.70	40.30	96.20	60.30	84.00	54.60	30.40	10.40	4.70	426.40
3	P-ETP	-4.61	-17.64	-39.67	-43.22	-47.42	-0.46	-33.52	-0.45	-18.84	-19.40	-19.27	-18.78	
4	Σd	-	-	-	-	-	0.00	-33.52	-33.97	-52.80	-72.21	-91.48	-	
5	RU	16.21	12.82	7.55	4.24	2.26	75.00	47.97	47.68	37.09	28.64	22.15	17.24	
6	VRU	1.03	3.40	5.26	3.31	1.99	-72.74	27.03	0.29	10.59	8.46	6.49	4.91	
7	ETR	14.73	6.90	11.86	25.01	42.29	96.66	87.33	84.29	65.19	38.86	16.89	9.61	499.61
8	D	3.58	14.24	34.41	39.91	45.43	0.00	6.49	0.16	8.25	10.95	12.78	13.88	190.08
9	S	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-73.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-73.21

Anexo II. Catálogo de la propuesta de vegetación para ser empleada en el proyecto.

Nombre científico	Nombre común	Familia	Descripción	Distribución
<b><i>Myrtillocactus geometrizans</i></b>	Garambullo	Cactaceae	Plantas arborescentes muy ramosa, de hasta 4 m de altura. Tallos cilíndricos de 7 por 30 ó 40 cm de ancho y largo, con cinco o seis costilla bien delimitadas. (...) Espinas radiales, de 4 a 6, en torno a la areola, de 1 a 2 cm de largo, oscura. Espina centrales de 2 a 4 cm de largo, oscura. Pericarpelo ovoide de 0.5 a 1 cm de largo, con de 6 a 8 brácteas pequeñas, con lana blanca al principio, después caduca. (...) Estilo y estigma blancos. Fruto guinda de sabor dulce de 1.5 cm de largo por 1 cm de ancho. Semillas negras de 1 a 2 mm de largo y ancho.	Endémica de México, es de amplia distribución en el país y el estado.
<b><i>Opuntia tomentosa</i> Salm-Dyck</b>	Duraznillo	Cactaceae	Plantas simples, pequeñamente arborescentes, de 2 a 4 m de alto, con tallo principal bien definido. Tallos discoidales, de 25 cm de largo por 15 cm de ancho, con epidermis pubescente. Gloquideos claros, de 1 a 2 mm de largo. Espinas escasas, de 2 a 4 por areola, en ocasiones ausentes, de 1 a 2 cm de largo, blanquecinas a grisáceas. Flores anaranjadas, de 5 cm de largo por 3 cm de ancho. Frutos pubescentes, globosos, de 4 cm de largo por 3 de ancho, rojizos, sin espinas y con gloquideos.	Estados del centro del país, Oaxaca y Puebla. La especie <i>Opuntia tomentella</i> , conocida en Guatemala, puede ser conspecífica de <i>Opuntia tomentosa</i> .
<b><i>Silene Laciniata</i> Cav.</b>	Calvel del monte	Caryophyllaceae	Planta herbácea perenne, con pubescencia y glándulas, erecta o algo reclinada; raíz profunda, gruesa, carnosa; tallos débiles, uno o varios; hojas sin peciolos o con uno muy pequeño, de 5 a 10 cm de largo por 2 a 14 mm de ancho; flores solitarias o agrupadas en pocas flores, cáliz glanduloso, pétalos vistosos rojos con el borde lobulado; fruto una cápsula de cerca de 2 cm de largo, semillas café-rojizas, de 1 a 1.5 mm de ancho.	Crece desde Estados Unidos a México. Es de amplia distribución en México y Querétaro.
<b><i>Plumbago pulchella</i> Boiss.</b>	Hierba del alacrán	Plumbaginaceae	Planta herbácea perenne, a veces algo leñosa, comúnmente de 50 cm a 1 m de alto, pegajosa por la presencia de glándulas; pecíolo no muy definido, hasta de 1 cm de largo,	Especie endémica, pero ampliamente distribuida en México, al igual

			lámina de 3 a 8 cm de largo y de 1 a 4 cm de ancho; inflorescencias terminales de 10 a 20 cm de largo, con glándulas; flores con el cáliz glanduloso-pegajoso, corola azulmorada, de 12 a 15 mm de longitud; fruto envuelto por el cáliz, de 8 a 9 mm de largo, semilla de 4 mm de largo.	que en Querétaro.
<b><i>Chenopodium ambrosioides</i> L.</b>	Epazote	Chenopodiaceae	Planta herbácea anual o perenne, erguida o ascendente, fuertemente olorosa, glandulosa, de 40 cm a 1 m de alto, tallo simple o ramificado; hojas pecioladas, de 3 a 10 cm de largo y de 1 a 5 cm de ancho, gradualmente reducidas hasta la parte superior; inflorescencia en forma de espigas con numerosas flores glandulosas; fruto circular de casi 1 mm de ancho con una semilla horizontal o vertical, de cerca de 1 mm de diámetro, negra, brillante y lisa.	Crece desde Estados Unidos hasta Argentina. En México se tiene registrada a través de casi todo el territorio nacional. En Querétaro crece en San Joaquín, San Juan del Río, Huimilpan, Querétaro y Pinal.
<b><i>Amaranthus hybridus</i> L.</b>	Quelite	Amaranthaceae	Hierba erguida hasta de 2 m de alto, pero generalmente de 1 m o menos; tallos estriados, a veces rojizos, con frecuencia ramificados; pecíolos delgados, hasta de unos 10 cm de largo, láminas foliares, de 3 a 15 cm de largo y de 1 a 7 cm de ancho, a veces algo teñidas de rojo; inflorescencias de numerosas flores dispuestas en verticilos muy cercanos entre sí, la inflorescencias terminal, erguida, de 4 a 12 cm de largo y de 1 a 2.5 de ancho, las laterales hasta de la mitad de esas dimensiones; flores pequeñas de cerca de 0.2 mm de longitud, en conjuntos densos; fruto subgloboso, con una solo semilla de color brillante café rojizo a negro.	Desde Estados Unidos a Argentina, también en Asia. En México y Querétaro es de amplia distribución.
<b><i>Peperomia campyloptropa</i> A. W. Hill</b>	Hoja encerada	Piperaceae	Planta perenne, erecta, terrestre, ocasionalmente crece sobre otras plantas, hasta de 25 cm de largo, sin tallo, provista de un tubérculo globoso con raíces fibrosas; pecíolos largos y delgados, hojas escasas o numerosas, todos los pecíolos salen de la base de la planta, de 1.5 a 3.5 cm de diámetro, carnosas; flores en espigas de 3 a 10 cm de largo por 1 mm de diámetro, de color claro; fruto globoso, de aproximadamente 1.5 mm de largo.	México y Guatemala. Tanto en México como en Querétaro es de amplia distribución.
<b><i>Zinnia peruviana</i> (L.) L.</b>	Mal de ojo	Asteraceae	Planta herbácea de vida corta, hasta de 1 m de alto, aunque por lo general es menor; tallo erecto, por lo general ramificado; hojas de posición opuesta, de 2 a 9 cm de largo y de 0.8 a 3 cm de ancho, puntiagudas, de margen entero, la base se halla abrazando ligeramente el tallo; flores	Desde Estados Unidos a Argentina. Es de amplia distribución en México y Querétaro.

			agrupadas en cabezuelas hasta de 5 cm de diámetro, ubicadas en la punta de las ramas con alrededor de 5 a 15 flores periféricas (liguladas), de color rojo (rara vez amarillas o verdes), de 1 a 2 cm, a veces más largo, y de 12 a 55 flores centrales (las del disco), tubulosas, amarillas o verdosas en la parte inferior, y moradas o negruzcas en la superior; frutos secos, alargados de 6 a 10 mm de largo, con una semilla.	
<b><i>Apodanthera undulata</i> A. Gray</b>	Calabacilla hedionda	Cucurbitaceae	Planta rastrera, perenne, monoica, usualmente está desprendiendo un fuerte olor; tallos más o menos succulentos o de herbáceo-succulentos a subleñosos en la base; láminas foliares de 3.5 a 10 cm de largo, ligeramente de 3 a 5 lobuladas; inflorescencias masculinas con 3 o 6 flores, corola amarilla; flores femeninas solitarias, rara vez en pares; frutos de 5 a 9 cm de largo, verdes cuando están inmaduros, color que cambia de amarillento a anaranjado pálido al madurar.	Desde Estados Unidos a México. Es de amplia distribución en México y en Querétaro se conoce de Cadereyta, El Marqués, Villa Corregidora y Querétaro.
<b><i>Crotalaria pumila</i> Ort.</b>	Pega ropa	Leguminosae	Planta anual, erguida, de 30 a 50 cm de altura; tallo ramificado; hojas trifoliadas, pecíolo delgado, generalmente de la mitad del largo terminal, folíolos delgados, de 1 a 2 cm de largo y de 2 a 8 mm de ancho, ápice redondeado, borde entero; flores dispuestas en racimos, con pocas que miden 1 cm de largo; corola amarilla con rojo; el fruto es una legumbre inflada de 15 mm de largo por 8 mm de diámetro, semillas de 3 mm de largo por 2 mm de ancho, de color café amarillento.	Desde Estados Unidos a Sudamérica. Es de amplia distribución en México y Querétaro.
<b><i>Lopezia racemosa</i> Cav.</b>	Alfilerillo	Onagraceae	Planta herbácea de vida corta, hasta de 1.5 m de alto; tallos erectos ascendentes, por lo general ramificados; hojas comúnmente de posición alterna, hasta de 8 cm de largo y 4.5 cm de ancho, puntiagudas, aserradas o casi enteras en el margen; flores por lo común agrupadas, con 4 pétalos rosados, morados o anaranjados, desiguales, los dos superiores son muy angostos y dirigidos hacia atrás, los dos inferiores, extendidos; fruto seco, esférico, de 2 a 7 mm de diámetro; semillas numerosas.	En Guatemala y México. Es de amplia distribución en México y Querétaro.

<b><i>Phytolacca icosandra</i> L.</b>	Pólvora	Phytolacaceae	Planta herbácea perenne, hasta de 2 m de alto, a menudo robusta y semejando un arbusto; tallo erecto, algo succulento, estriado y con frecuencia de morado a rojizo; pecíolo hasta de 4 cm de largo, lámina foliar de 4 a 18 cm de largo y de 1.5 a 6 cm de ancho; inflorescencia en forma de espigas o racimos espiciformes, terminales o, con más frecuencia, opuestas o subopuestas a las hojas, erectas, hasta de 25 cm de largo, con muchas flores, 5 tépalos, de 2 a 3 mm de largo, de verdosos a rojizos; fruto joven verde, más ancho que largo, en la madurez es subgloboso, de 5 a 8 mm de diámetro, negruzco, semillas de 2 a 3 mm de diámetro, negras, brillantes.	De distribución mundial amplia, al igual que en México y Querétaro.
<b><i>Buddleja sesiliflora</i> Kunth</b>	Jara	Buddlejaceae	Arbusto dioico o hermafrodita, de 1.5 a 3 m de alto; corteza fisurada de color amarillo-café; lámina de la hojas basales de 10 a 23 cm de largo, las superiores de 3 a 13 cm de largo, ambos tipos membranáceas; inflorescencia terminal de 7 a 30 cm de largo, compuesta por cabezuelas de 5 a 12 pares, que tienen de 10 a 35 flores, corola amarilla, con olor desagradable; el fruto es una cápsula cilíndrica, de 3.5 a 5 mm de largo por 1.8 a 3 mm de diámetro.	Del sur de Estados Unidos hasta Oaxaca, tiene una amplia distribución en México y Querétaro.
<b><i>Bouvardia ternifolia</i> (Cav.) Schldl.</b>	Contrahierba	Rubiaceae	Arbusto erecto, a menudo muy ramificado, o con el tallo a veces herbáceo, excepto en la base, simple, recto, de 0.3 a 2 m de altura; hojas en verticilos de 3 a 4, parcialmente opuestas, lámina de 2 a 7 cm de largo por 0.2 a 2 cm de ancho; inflorescencia terminal de 3 a 40 flores, con corola roja, de 5 a 30 mm de largo; el fruto es una cápsula de 5 a 9 mm de largo y de 5 a 10 mm de ancho, semillas de 2 a 3.5 mm de largo.	Del sur de Estados Unidos a Centroamérica. Se distribuye ampliamente a lo largo del país, desde Sonora hasta Veracruz y Querétaro. Ecología: Crece en bosques de encino, matorrales xerófilos y pastizales. Produce néctar y es visitada por los colibrís.
<b><i>Buddleja cordata</i> Kunth spp. Cordata</b>	Tepozán	Buddlejaceae	Árbol o arbusto dioico de 2 a 15 m de alto; tronco de 10 a 45 cm de diámetro en la base, corteza rugosa de color café a negruzca; lámina de la hoja lanceolada de 5 a 28 cm de largo, hojas jóvenes tomentosas, las maduras, glabras; inflorescencia terminal de 14 a 28 cm de largo, flores en grupos de 5 a 10. corola campanulada, de color amarillo; el fruto es una cápsula de 3.5 a 5 mm de largo.	De México a Guatemala. De distribución amplia en México y Querétaro.

<b><i>Condalia velutina</i> I. M. Johnst.</b>	Granjeno	Rhamnaceae	Arbusto o pequeño árbol espinoso, de 2 a 5 m de alto; hojas alternas o en fascículos de 2 a 7 con la lámina de 7 a 19 mm de longitud, el haz de verde oscuro o pardo verdoso, envés un poco más pálido; flores en fascículos de 2 a 3, pétalos blancos; fruto inicialmente de color verde o rojo, de color negro y esférico en la madurez, de 8 a 10 mm de diámetro.	Endémica de México, donde es de amplia distribución, al igual que en Querétaro.
<b><i>Rhus virens</i> Lindh. Ex A. Gray</b>	Lantrisco	Anacardiaceae	Arbusto de hasta 4 m de alto, perennifolio; hojas compuestas, folíolos de 5 a 11 y de 2 a 5 cm de largo, de elíptico-ovados a obovados, base de cuneada a redondeada, ápice de agudo a redondeado, de coriáceos a cartáceos; en el envés, con frecuencia, están provistos de pelos glandulares anaranjados; flores agregadas en panículas terminales, con pétalos blancos; fruto de subsférico a ligeramente comprimido, de anaranjado a rojo y cubierto con numerosas glándulas.	Desde el sur de Estados Unidos hasta Oaxaca. Amplia en México y Querétaro. Ecología: Elemento de algunos matorrales xerófilos que prosperan sobre laderas calizas. Florece de mayo a agosto.
<b><i>Iresine cassiniiformis</i> S. Schauer</b>	Pie de paloma	Amaranthaceae	Arbusto caducifolio, generalmente erguido y robusto, de 1.5 a 3 m de alto, las ramas con pubescencia; pecíolos de 1 a 2 cm de largo, hojas elípticas de 6 a 15 cm de largo, por 3 a 7 cm de ancho, con el envés densamente lanuginoso, ápice de obtuso a agudo, base de redondeada a atenuada, margen entero; inflorescencia en panícula de 15 a 30 cm de largo, con los sexos separados en diferentes individuos, las flores sin pétalos; semillas de 1 mm de largo.	Del centro al sur de México. En Querétaro es de amplia distribución.
<b><i>Ipomoea murucoides</i> Roem. &amp; Shult.</b>	Palo bobo	Convolvulaceae	Árbol caducifolio de 2 a 8 m de altura, tronco de hasta 40 cm de alto; tallos jóvenes densamente lanuginosos, los maduros, lisos y grisáceos; lámina foliar oblongo-elíptica, ápice acuminado, margen liso; flores solitarias, corola blanca infundibuliforme; fruto capsular ovoide de color café.	Crece de México a Guatemala. Es de distribución amplia en el país y el estado.
<b><i>Parkinsonia aculeata</i> L.</b>	Palo verde	Leguminosae	Arbusto de 1 m y árbol de hasta 10 m de alto; ramas verdes, espinas de 0.5 a 3 cm de largo; hojas compuestas, folíolos de 20 a 40 pares, alternos o a veces opuestos, de 2 a 10 mm de largo; racimos con 2 a 15 flores, fragantes, espaciadas, corola amarilla; legumbre linear, recta, de color verde en la juventud, más tarde de color café, de 5 a 10 cm de largo.	Amplia en América, México y Querétaro.

<p><b><i>Lysiloma microphyllum</i> Benth.</b></p>	<p>Tepeguaje</p>	<p>Leguminosae</p>	<p>Árbol carente de espinas, de hasta 15 m de altura con corteza escamosa café o blanco grisáceo; hojas compuestas, con alrededor de 15 a 34 pares de folíolos linear-oblongos de 1 a 5 mm de largo y hasta 1 mm de ancho; flores agregadas en inflorescencias globosas de color blanco a amarillo pálido con más de 10 estambres; el fruto es una vaina aplanada de 8 a 13 cm de largo y aproximadamente 2 cm de ancho, café al madurar, tiene de 10 a 12 semillas café oscuras a rojizas.</p>	<p>Endémica de México, crece desde Baja California hasta Oaxaca. En Querétaro es de amplia distribución.</p>
<p><b><i>Ceiba aesculifolia</i> (Kunth) Britten &amp; Baker F.</b></p>	<p>Pochote</p>	<p>Bombacaceae</p>	<p>Árbol caducifolio de hasta 15 m de altura, con ramas oblicuas o ascendentes y las más jóvenes horizontales, con la copa abierta; tronco con espinas cónicas, de punta muy aguda; hojas en espiral, de 15 a 30 cm de largo, compuestas de 6 a 8 folíolos, con el margen aserrado, de color verde oscuro en el haz y verde grisáceo y pálidos en el envés; flores terminales en las puntas de las ramas cortas, con olor a ajo, con 5 pétalos color de blanco a cremavermoso; el fruto es una cápsula con semillas café claro rodeadas por abundantes fibras blancas.</p>	<p>Crece desde México hasta Costa Rica. En el país va desde Sinaloa hasta Oaxaca y el sur de Chiapas. En Querétaro crece en Corregidora y el municipio capitalino.</p>
<p><b><i>Bursera fagaroides</i></b></p>	<p>Palo shishote</p>	<p>Burseraceae</p>	<p>Árbol de hasta 10 m de altura; corteza de color amarillo a beige, exfoliante en laminas delgadas, resina blanquecina o de color crema; hojas imparipinadas, de color verde brillante; flores perfectas o unisexuales, las masculinas usualmente pentámeras, las femeninas usualmente trímeras, de color blanco a verdoso; el fruto es una drupa roja al madurar.</p>	<p>En Querétaro se distribuye prácticamente en todo el estado.</p>
<p><b><i>Euphorbia tanquahute</i> Sessé &amp; Mociño</b></p>	<p>Lantrisco</p>	<p>Euphorbiaceae</p>	<p>Árbol caducifolio de 4 a 6 m de alto con corteza café clara a amarilla, exfoliante; hojas alternas a fasciculadas simples, suborbiculares, enteras a ligeramente lobuladas de hasta 15 cm de largo; flores con brácteas blancas agregadas en fascículos, las ramas que sostienen a las flores desprovistas de hojas; el fruto es una cápsula.</p>	<p>Endémica de México, se conoce de Jalisco, Guanajuato, Guerrero, Puebla y Oaxaca. En Querétaro crece en Huimilpan, Amealco, El Marqués y Querétaro.</p>

<b><i>Thevetia thevetioides</i> (Kunth) K. Schum.</b>	Yyote	Apocynaceae	Árbol o arbusto de 3 a 9 m de alto; tiene tallos de aspecto ceniciento, con huellas manifiestas de las hojas que se han caído; hojas alternas, sésiles, de borde entero, haz glabro, envés pubescente, el nervio medio muy sobresaliente; inflorescencias en cimas de pocas flores; flores en forma de embudo de 5 pétalos, corola amarilla.	Originaria de Sudamérica. Se cultiva ampliamente en el país y Querétaro.
---	-------	-------------	--	--

Fuente: Guía ilustrada de la flora del valle de Querétaro, (Martínez et al., 2017).

### Anexo III. Materiales para construir las modificaciones en las AVU.

Ejemplos/ observaciones	Especificaciones	Costo	Página de la cotización
<b>Drenaje</b>			
<b>Tubería</b>	PVC	Tubo PVC Hidráulico, 16.5 pulgadas para cargas pesadas. se consigue en Silver Plástico, compañía queretana.	\$1195.98 m -38% \$741.20 m <a href="https://silverplastic.com.mx/">https://silverplastic.com.mx/</a>
	Tubo corrugado	Para drenaje de 15 pulgadas de alto nivel de impacto. Interior liso.	\$700 m <a href="https://silverplastic.com.mx/">https://silverplastic.com.mx/</a>
	Acero al carbón	La tubería de acero al carbón para conducir agua, gas, aceite, vapor, productos derivados del petróleo, aguas tratadas y negras. Más económica que la tubería de acero inoxidable.	precio aproximado por tubería de 16.5 pulgadas: \$2,500 MXN <a href="https://silverplasticqueretaro.com/acero-al-carbon/?gclid=CjwKC Aiw5_DsBRBPEiwAIEDRWwA-8IG35lh2zUHsg Avie K-JGgTMvDu3ky1dY7rij NiB13oal3sHBoCIBw QAvD BwE">https://silverplasticqueretaro.com/acero-al-carbon/?gclid=CjwKC Aiw5_DsBRBPEiwAIEDRWwA-8IG35lh2zUHsg Avie K-JGgTMvDu3ky1dY7rij NiB13oal3sHBoCIBw QAvD BwE</a>
<b>Bombas de agua</b>	Bombas para aguas residuales	Para el tratamiento, canalización y desalojo de estas aguas se utilizan las bombas para aguas residuales.	\$143.65 Euros - \$3,107.85 Mx <a href="https://www.ventageneradores.net/bombas-aguas-residuales">https://www.ventageneradores.net/bombas-aguas-residuales</a>
<b>Mallas</b>	(Para basura) retener filtros de bolsa	Bolsa filtro de maya 12 de 500 micras de 16.5 pulgadas e diámetro x 20 cm de largo con tapa y boca abierta. Tiempo de entrega de 5 a 7 días	\$550 pesos MXN c/u
<b>Material de construcción de pista de patinaje y pista de correr</b>			
<b>2 tipos de cemento</b>	Pista de patinaje Que no se filtre y adecuado para el patinaje	Para la instalación, se necesita un terreno de al menos 750 m2.	-Adecuación inicial estimada \$100,000 MXN Total, aproximado: <a href="https://www.empresaeiniciativaempresadora.com/?Montar-una-Pista-de-">https://www.empresaeiniciativaempresadora.com/?Montar-una-Pista-de-</a>

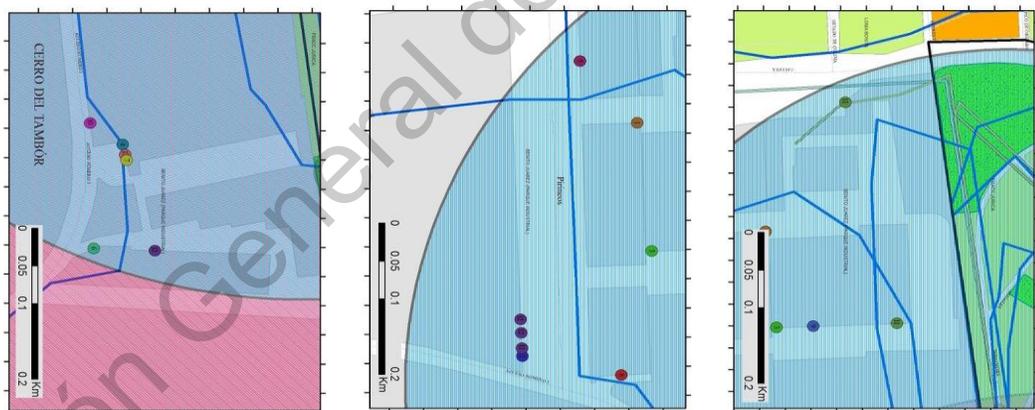
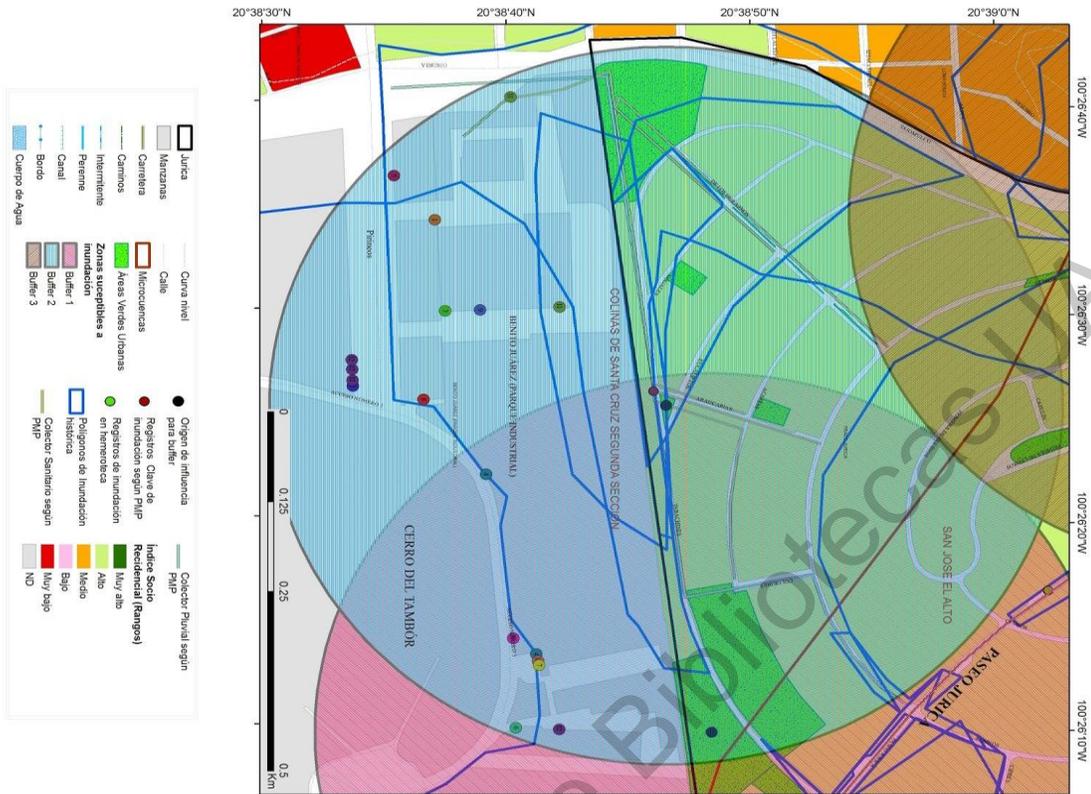
			-Mobiliario \$50,000 MXN	\$150,000 MXN	<a href="#">Patinaje- sobre,337&amp;artpage=2-3</a>
	Pista de correr Cemento filtrable	Adobes comprimidos	El costo de material se reduce drásticamente, ya que la mayor parte de la materia prima se consigue en el mismo terreno.		
		Puzolanas	Se combinan con la cal con agua, y hacen una reacción química para formar un material cementante.		<a href="https://www.paho.org/cub/index.php?option=com_download&amp;alias=297-suelo-cemento&amp;category_slug=rural-andina&amp;Itemid=226">https://www.paho.org/cub/index.php?option=com_download&amp;alias=297-suelo-cemento&amp;category_slug=rural-andina&amp;Itemid=226</a> <a href="https://www.ctc-n.org/sites/www.ctc-n.org/files/resources/50c1d416-adb0-4655-aff8-4b6b0ae4f5bb.pdf">https://www.ctc-n.org/sites/www.ctc-n.org/files/resources/50c1d416-adb0-4655-aff8-4b6b0ae4f5bb.pdf</a>
<b>Impermeabilizante</b>	THERMOTEK DOBLE ACCIÓN BLANCO 5 AÑOS CUBETA	19 L		\$995.00	<a href="http://www.homedepot.com.mx/materiales-de-construccion/impermeabilizantes-y-recubrimientos/impermeabilizantes/thermotek-doble-accion-blanco-5-anos-cubeta-19-l-712439">http://www.homedepot.com.mx/materiales-de-construccion/impermeabilizantes-y-recubrimientos/impermeabilizantes/thermotek-doble-accion-blanco-5-anos-cubeta-19-l-712439</a>
<b>Vegetación para el margen de la pista de patinaje</b>					
<b>Suelo en el espacio entre plantas</b>	Grava	Por metro cúbico		\$580	CONSTRURAMA MATERIALES JIMENEZ CLLE LA PALMA SN, EL SALITRE, QUERETARO, QRO, C.P.76127 (442) 218 2222
	Pasto				
<b>Barandal</b>	EUROREJA GALVANIZADA	2X2 M		\$849.00	<a href="https://www.homedepot.com.mx/materiales-de-construccion/cercas/mallas-ciclonicas-y-uniones/eurorreja-2x2-m-963311">https://www.homedepot.com.mx/materiales-de-construccion/cercas/mallas-ciclonicas-y-uniones/eurorreja-2x2-m-963311</a>
<b>Exterior (después de la pista)</b>					
<b>Pasto con cuadros de adoquín Mesas (Diseño el pueblito)</b>	Cemento	Bulto de cemento 50 kg		\$165	CONSTRURAMA MATERIALES JIMENEZ CLLE LA PALMA SN, EL SALITRE, QUERETARO, QRO, C.P.76127 (442) 218 2222

	Barilla para construcción	Barilla individual de 3 octavos	\$ 96.66	CONSTRURAMA MATERIALES JIMENEZ CLLE LA PALMA SN, EL SALITRE, QUERETARO, QRO, C.P.76127 (442) 218 2222
<b>Área Infantil</b>				
<b>Adoquín</b>	Por cotización, se hace el dibujo, se indica el espesor de 6 o 8 y los m2 requeridos	Correo a: ventas@construramajimenes.com		CONSTRURAMA MATERIALES JIMENEZ CLLE LA PALMA SN, EL SALITRE, QUERETARO, QRO, C.P.76127 (442) 218 2222
<b>Cancha de frontón</b>				
<b>Barandales</b>	EUROREJA GALVANIZADA	2X2 M	\$849.00	<a href="https://www.homedepot.com.mx/materiales-de-construccion/cercas/mallas-ciclonicas-y-uniones/eurorreja-2x2-m-963311">https://www.homedepot.com.mx/materiales-de-construccion/cercas/mallas-ciclonicas-y-uniones/eurorreja-2x2-m-963311</a>
<b>Cemento</b>	Bulto de cemento	50 kg	\$165	CONSTRURAMA MATERIALES JIMENEZ CLLE LA PALMA SN, EL SALITRE, QUERETARO, QRO, C.P.76127 (442) 218 2222

Dirección General de Bibliotecas

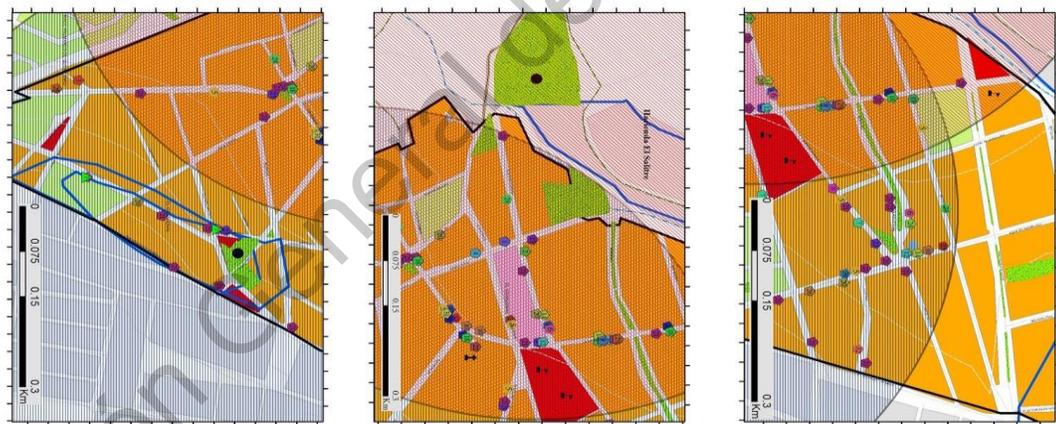
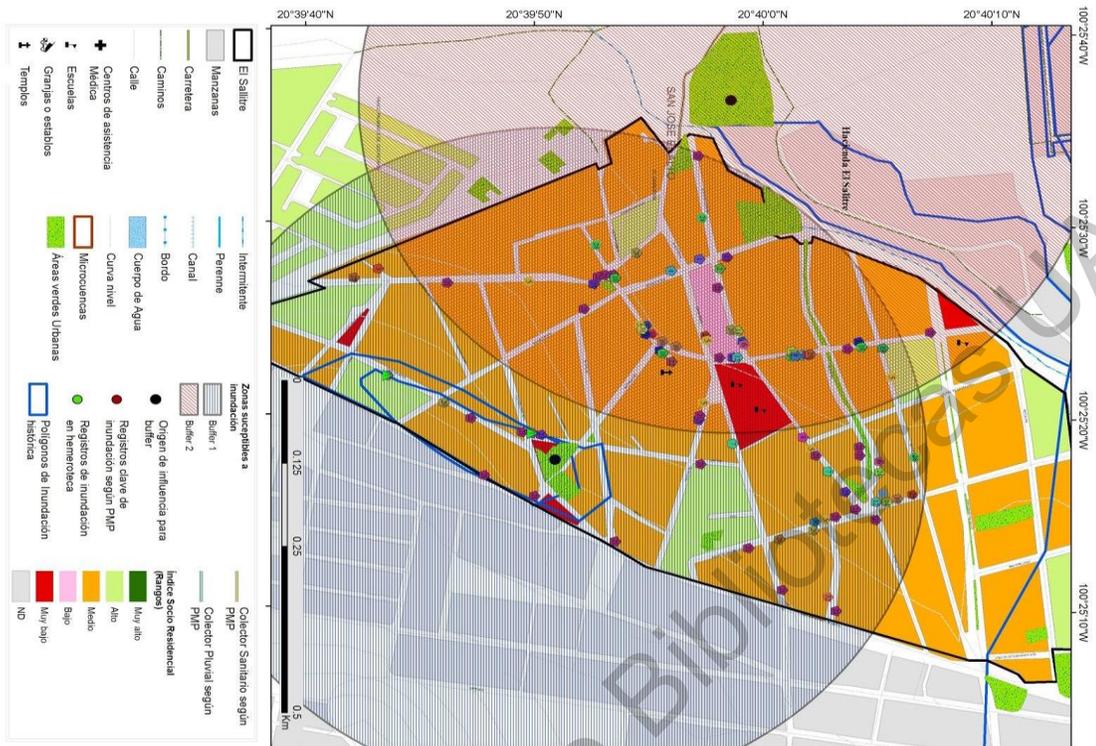


Dirección General de Bibliotecas UAQ



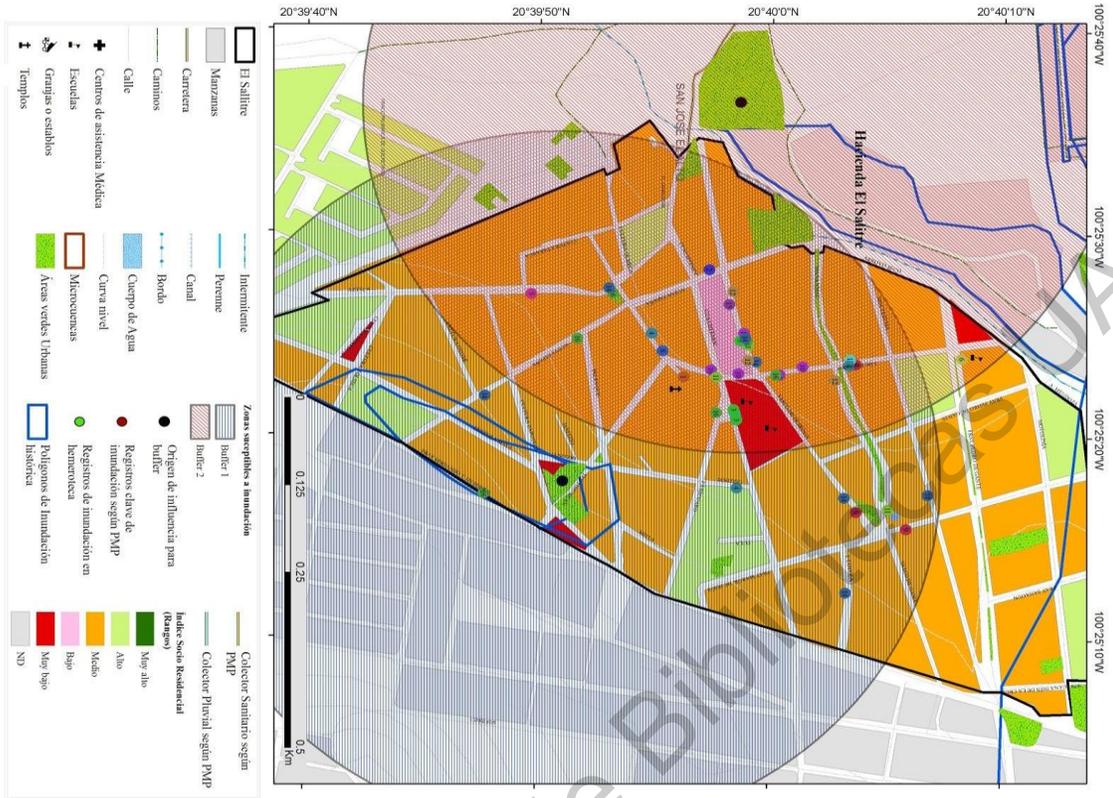
- Actividades Terciarias**
- Asociaciones y organizaciones civiles
  - Banca múltiple
  - Estacionamientos y pensiones para vehículos automotores
  - Inmobiliarias y corredores de bienes raíces
  - Otros juegos de azar
  - Restaurantes con servicio de preparación de alimentos a la carta o de comida corrida
  - Restaurantes con servicio de preparación de tacos y tortas
  - Restaurantes que preparan otro tipo de alimentos para llevar
  - Servicios de administración de negocios
  - Servicios de consultoría en administración
  - Servicios de empaquetado y etiquetado
  - Servicios de ingeniería
  - Servicios de mensajería y paquetería foránea

Anexo V. Polígono de áreas susceptibles a inundación. Actividades Terciarias para Jurica.



Actividades Primarias	
▲	Magnitud de piezas metálicas para maquinaria y equipo en general
Actividades Secundarias	
●	Asociaciones, organizaciones y cámaras de productores, empresarios y prestadores de servicios
●	Comercio al por mayor de cemento, albañilería y grava
●	Comercio al por mayor de desechos metálicos
●	Comercio al por mayor de artículos de minería y hoistería
●	Comercio al por mayor de artículos de papelería
●	Comercio al por mayor de artículos para la imprenta
●	Comercio al por mayor de artículos salud
●	Comercio al por mayor de bicicletas
●	Comercio al por mayor de carne de aves
●	Comercio al por mayor de carne roja
●	Comercio al por mayor de cables y materia prima para impresión
●	Comercio al por mayor de frutas y verduras frescas
●	Comercio al por mayor de leche, otros productos lácteos y embutidos
●	Comercio al por mayor de otros alimentos
●	Comercio al por mayor de plátanos y otros amarillos
●	Comercio al por mayor de regalos
●	Comercio al por mayor de ropa, excepto de bebé y lingerie
●	Comercio al por mayor de vinos y licores
●	Comercio al por mayor en ferretería e imprenta
●	Comercio al por mayor en tienda de abarrotes, alimentación y miscelánea
●	Elaboración de helados y helados
●	Elaboración de vestidas de mar y mediana de manual
●	Fabricación de maquinaria y equipo para la industria de la impresión
●	Fabricación de productos de hoistería
●	Fabricación de productos de madera para la construcción
●	Magnitud de piezas metálicas para maquinaria y equipo en general
●	Panificación tradicional
●	Reparación metálica en general de autos/motos y camionetas
●	Reparación mayor de llantas
●	Reparación y mantenimiento de maquinaria y equipo agrícola y forestal
●	Reparación y mantenimiento de otros artículos para el hogar y personales

Anexo VI. Polígono de áreas susceptibles a inundación. Actividades Primarias y secundarias para El Salitre



- Actividades Terciarias**
- Asociaciones y organizaciones religiosas
  - Asociaciones, organizaciones y cámaras de productores, comerciantes y prestadores de servicios
  - Cafeterías, fincas de sodas, reuniones, restaurantes y similares
  - Casas de juegos electrónicos
  - Centros de acondicionamiento físico del sector privado
  - Escuelas de educación preescolar del sector público
  - Escuelas de educación primaria del sector público
  - Farmacias con antiplagier
  - Farmacias sin antiplagier
  - Restaurantes con servicio de preparación de alimentos
  - Restaurantes con servicio de preparación de pizzas, hamburguesas, hot dogs y pollos rostizados para llevar
  - Restaurantes con servicio de preparación de platos y bebidas
  - Restaurantes que preparan otro tipo de alimentos para llevar
  - Sabores y climas de bebidas y pastelerías
  - Servicio de acceso a computadoras
  - Servicios de preparación de otros alimentos para consumo inmediato

Anexo VII. Polígono de áreas susceptibles a inundación. Actividades Terciarias para El Salitre